

VŠB – TECHNICKÁ UNIVERZITA OSTRAVA

FAKULTA STROJNÍ

KATEDRA ROBOTIKY

DIPLOMOVÁ PRÁCE

VŠB – Technická univerzita Ostrava

Fakulta strojní

Katedra robotiky

Rozšíření funkcionalit mobilního robotu Viper

Functionalities Enhancement of the Mobile Robot Viper

Student:

Bc. Jakub Mlotek

Vedoucí diplomové práce:

Ing. Václav Krys, Ph.D.

Ostrava 2019

Zadání práce

VŠB - Technická univerzita Ostrava
Fakulta strojní
Katedra robotiky

Zadání diplomové práce

Student: **Bc. Jakub Mlotek**
Studijní program: N2301 Strojní inženýrství
Studijní obor: 2301T013 Robotika
Téma: **Rozšíření funkcionalit mobilního robotu Viper**
Functionalities Enhancement of the Mobile Robot Viper
Jazyk vypracování: čeština

Zásady pro vypracování:

1. Analyzujte a zadokumentujte aktuální stav mobilního robotu Viper – parametry, 3D model, schéma zapojení, SW.
2. Rozšířte funkcionality senzorického subsystému robotu o možnost detekce zdroje zvuku, měření teploty okolí a vybraných plynů.
3. Navrhněte potřebné úpravy v zapojení HW komponent. Připravte potřebné SW aplikace. Navržené zapojení realizujte a oživte. Dále navrhněte a realizujte potřebné úpravy mechanických dílů podvozku pro integraci navrženého HW a SW do robotu.
4. Navržené a realizované úpravy robotu doložte 3D modelem, schémata zapojení a dodáním souvisejícího SW.
5. Práci též doložte v elektronické podobě ve formátu MS WORD a dokumentaci k systému dle pokynů vedoucího.

Seznam doporučené odborné literatury:

ČSN 01 6910 *Úprava písemností psaných strojem nebo zpracovaných textovými editory*. Praha: Český normalizační institut, srpen 2007. 48 s.

ČSN ISO 690 *Informace a dokumentace - Pravidla pro bibliografické odkazy a citace informačních zdrojů*. Praha: Český normalizační institut, 2010.

SKAŘUPA, J.; MOSTÝN, V. *Metody a prostředky návrhu průmyslových a servisních robotů*. 1. vydání. Košice: Viena Košice, 2002. 190 s. ISBN 80-88922-55-0.

NOVÁK, P. *Mobilní roboty: pohony, senzory, řízení*. 1. vydání. Praha: BEN Praha, 2005. 247 s. ISBN 80-7300-141-1.

KÁRNÍK, L.; KNOFLÍČEK, R.; MARCINČIN, J. N. *Mobilní roboty*. 1. vydání. Opava: Márfy Slezsko, 2000. 212 s. ISBN 80-902746-2-5.

NOVÁK, P. *Průmyslové řídicí systémy*. 1. vydání. Ostrava: VŠB-TU Ostrava, 2000. 104 s. ISBN 80-7078-733-3.

Formální náležitosti a rozsah diplomové práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.


Vedoucí diplomové práce: **Ing. Václav Kryš, Ph.D.**

Datum zadání: 21.12.2018

Datum odevzdání: 20.05.2019



prof. Dr. Ing. Petr Novák
vedoucí katedry



prof. Ing. Ivo Hlavatý, Ph.D.
děkan fakulty

Místopřísežné prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou diplomovou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě

.....

podpis studenta

Prohlašuji, že

- jsem byl seznámen s tím, že na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 – školní dílo.
- беру на ве́домі, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen „VŠB-TUO“) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě diplomovou práci užít (§ 35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že diplomová práce bude v elektronické podobě uložena v Ústřední knihovně VŠB-TUO k nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího diplomové práce. Souhlasím s tím, že údaje o kvalifikační práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- было с́една́но, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- было с́една́но, že užít své dílo – diplomovou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- беру на ве́домі, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě :.....

.....

podpis

Jméno a příjmení autora práce:

Jakub Mlotek

Adresa trvalého pobytu autora práce:

Těřeškovové 2228/48, Karviná, 734 01

ANOTACE DIPLOMOVÉ PRÁCE

MLOTEK, J. Rozšíření funkcionality mobilního robotu Viper: diplomová práce. Ostrava: VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Katedra robotiky, 2019, 75 s. Vedoucí práce: Ing. Václav Krys, Ph.D.

Diplomová práce se zabývá rozšířením funkcionality mobilního robotu Viper. V úvodu je popsán aktuální stav robotu z pohledu konstrukce, hardwaru a jeho zapojení. Následně je uveden požadavkový list pro novou verzi robotu. Dále jsou uvedeny varianty nového hardwaru pro plnění požadavků, jejich popis a výběr varianty pro realizaci. Realizace je popsána z hlediska změn na 3D modelu robotu. Z těchto změn jsou pak realizovány mechanické úpravy na struktuře podvozku a nástavby. V práci je uveden použitý hardware a jeho zapojení. Následně jsou popsány softwarové uzly pro funkci hardwaru. V závěru práce jsou uvedeny nové parametry robotu, jejich srovnání s původní verzí a náměty pro další rozvoj systému.

ANNOTATION OF MASTER THESIS

MLOTEK, J. Functionalities Enhancement of the Mobile Robot Viper: Master Thesis. Ostrava: VŠB –Technical University of Ostrava, Faculty of Mechanical Engineering, Department of Robotics, 2019, 75 p. Thesis head: Ing. Václav Krys, Ph.D.

The thesis deals with the extension of the functionality of the Viper mobile robot. The introduction describes the current state of the robot in terms of construction, hardware and its involvement. The following is a requirement sheet for the new version of the robot. The following are the variants of the new hardware for meeting requirements, their description and selection of the implementation option. The implementation is described in terms of changes to the 3D model of the robot. From these changes, mechanical adjustments are made to the chassis and superstructure structure. The work includes the hardware used and its wiring. Next, the software nodes for the hardware function are described. At the end of the thesis there are new parameters of the robot, their comparison with the original version and suggestions for further development of the system.

Poděkování

Na tomto místě bych rád poděkoval svému vedoucímu diplomové práce panu Ing. Václavu Krysovy, Ph.D. za konzultace, rady a připomínky k mé práci. Dále bych rád poděkoval panu Bc. Petru Oščádalovi za věcné rady.

Diplomová práce prezentuje znalosti nabyté v rámci řešení projektů: „Digitální dvojčata robotických systémů a jejich verifikace“, reg. č.: „SP2019/69“, „Adaptabilita robotických systémů“, reg. č.: „SP2018/86“ a „Výzkum a vývoj robotických systémů“, reg. č.: „SP2017/143“ financovaných ze státního rozpočtu České republiky, na kterých jsem se v průběhu magisterského studia podílel.

Obsah

Seznam obrázků	10
Seznam tabulek	13
Seznam použitých značek a symbolů	14
Slovník termínů.....	15
Úvod	16
1 Současný stav a požadavky na úpravu.....	17
1.1 Aktuální stav MR Viper	17
1.2 Požadavkový list.....	20
1.3 Plnění požadavků.....	22
1.3.1 ROS.....	22
1.3.2 Akustická lokalizace	23
2 Návrh variant nového HW pro MR Viper.....	25
2.1 Varianta A	25
2.1.1 Blokové schéma zapojení	34
2.1.2 Vlastnosti a parametry varianty A	34
2.2 Varianta B.....	36
2.2.1 Schéma zapojení	37
2.2.2 Vlastnosti a parametry varianty B.....	37
2.3 Varianta C.....	39
2.3.1 Schéma zapojení varianty C.....	41
2.3.2 Vlastnosti a parametry varianty C.....	41
2.4 Varianta mikrofonního pole 1	43
2.5 Varianta mikrofonního pole 2	44
2.6 Výběr varianty pro realizaci a parametry nového systému	45
3 Realizace.....	47
3.1 Hardware	47
3.2 Software.....	51
3.2.1 Komunikace	51
3.2.2 Streamování obrazu	51
3.2.3 Měření aktuální spotřeby proudu a napětí na baterii	52
3.2.4 Měření koncentrace plynů.....	53

3.2.5	Měření teploty	54
3.2.6	Řízení	54
3.2.7	Čtení GPS souřadnic	55
3.2.8	Čtení sonarů	55
3.2.9	Možnost lokalizace akustického signálu.....	56
3.3	3D Model.....	57
3.4	Mechanické úpravy	62
4	MR Viper	65
4.1	Viper 2.0	65
4.2	Náměty pro další rozvoj	69
	Závěr	70
	Seznam použité literatury	71
	Přílohy	74

Seznam obrázků

Obr. 1	Náhled 3D modelu MR Viper.....	17
Obr. 2	Podvozek Dagu Wild Thumper 6WD (spodní pohled).....	18
Obr. 3	Subsystem podvozku	18
Obr. 4	Subsystem nastavby	19
Obr. 5	ROS.....	22
Obr. 6	Schéma rovinného mikrofonního pole.....	24
Obr. 7	Schéma prostorového mikrofonního pole.....	24
Obr. 8	Odroid XU 4 [1].....	25
Obr. 9	Arduino Nano [5].....	26
Obr. 10	Piny na Arduino [6]	27
Obr. 11	Netis WF2411D [7]	28
Obr. 12	DC / DC konvertor MT3608 [8]	28
Obr. 13	Čidlo MQ5 s křivkami citlivosti [9] [10].....	29
Obr. 14	Čidlo MQ7 s křivkami citlivosti [11] [12].....	30
Obr. 15	Senzor teploty HTU21D [13] [14].....	31
Obr. 16	Proudový senzor ACS712 a schéma odporového děliče [15] [16]	31
Obr. 17	Modul mikrofonu s analogovým výstupem [17]	32
Obr. 18	ACA 1300- 30uc [20]	33
Obr. 19	Blokové schéma zapojení varianty A	34
Obr. 20	Arduino Mega [21]	36
Obr. 21	Blokové schéma zapojení varianty B.....	37
Obr. 22	Raspberry Pi 3 B + [22]	39
Obr. 23	Kamera A4tech PK-910H [23]	40
Obr. 24	Blokové schéma zapojení varianty C.....	41
Obr. 25	Schéma umístění mikrofونů – varianta 1	43
Obr. 26	Schéma umístění mikrofونů – varianta 2	44
Obr. 27	Schéma odporového děliče	47
Obr. 28	Reálný dělič	48
Obr. 29	Zapojení ACS712	48

Obr. 30	Zapojení modulů MQ5 a MQ7	49
Obr. 31	Zapojení modulu HTU21D.....	49
Obr. 32	Zapojení kamery a GPS modulu.....	50
Obr. 33	Zapojení sonaru SRF08	50
Obr. 34	Zapojení modulů KY 038	51
Obr. 35	Komunikace.....	51
Obr. 36	Uzel pylon_camera	52
Obr. 37	Výstup z kamery ACA 1300 – 30uc v rozhraní Rviz.....	52
Obr. 38	Uzel current_voltage.....	53
Obr. 39	Uzel gases	53
Obr. 40	Terminál s výpisem hodnot ze senzorů	53
Obr. 41	Uzel temperatures_and_hum	54
Obr. 42	Uzel serial teleop_twist	54
Obr. 43	Řídící konzole teleop_twist_keyboard	55
Obr. 44	Uzel gps	55
Obr. 45	Uzel sonar	56
Obr. 46	Harktool5_gui.....	56
Obr. 47	Hark_designer.....	57
Obr. 48	Náhled nového modelu MR Viper.....	57
Obr. 49	Podsestava horního krytu.....	58
Obr. 50	Základna s klapkami.....	58
Obr. 51	Plošina	59
Obr. 52	Vrchní kryt.....	59
Obr. 53	Nový rám nástavby	60
Obr. 54	Přední kryt	60
Obr. 55	Rozmístění komponent v nástavbě	61
Obr. 56	Rozmístění komponent na podvozku	61
Obr. 57	Držák pro modul měření proudu a oporový dělič.....	62
Obr. 58	Patro.....	62
Obr. 59	Nové držáky sonarů	63
Obr. 60	Zadní kryt	63

Obr. 61 Přední kryt	64
Obr. 62 Rameno	64
Obr. 66 Viper 2.0 - render.....	65
Obr. 63 Viper 2.0	66
Obr. 64 Nový subsystém podvozku – rozpad	66
Obr. 65 Nový subsystém nástavby – rozpad.....	67

Seznam tabulek

Tab. 1 Parametry Odroid XU4 [1]	26
Tab. 2 Parametry Arduino Nano [5]	27
Tab. 3 Parametry Netis WF2411D [7].....	28
Tab. 4 Parametry MT3608 [8]	29
Tab. 5 Parametry MQ5 [9] [10]	29
Tab. 6 Parametry MQ7 [11] [12]	30
Tab. 7 Parametry HTU21D [13] [14]	31
Tab. 8 Parametry ASC712 [15]	32
Tab. 9 Parametry Modulu mikrofonu s analogovým výstupem [17].....	32
Tab. 10 Parametry ACA 1300 - 30uc [20].....	33
Tab. 11 Spotřeba varianty A	35
Tab. 12 Hmotnost varianty A	35
Tab. 13 Parametry Arduino Mega [21].....	36
Tab. 14 Spotřeba varianty B	38
Tab. 15 Hmotnost varianty B.....	38
Tab. 16 Parametry Raspberry Pi 3 B + [22]	39
Tab. 17 Parametry A4tech PK-910H [23]	40
Tab. 18 Spotřeba varianty C	42
Tab. 19 Hmotnost varianty C.....	42
Tab. 20 Porovnání parametrů původního a nového systému.....	68

Seznam použitých značek a symbolů

V	volt , základná jednotka napětí v SI
kg	kilogram , základní jednotka hmotnosti v SI
mm	milimetr , 10^{-3} metru v SI
A	ampér , základní jednotka elektrického proudu v SI
mAh	miliampérhodina , 10^{-3} ampérhodiny – jednotka elektrického napětí
MHz	megahertz , 10^6 hertz – jednotka frekvence v SI
fps	frame per second , počet snímků za sekundu – frekvence snímání obrazu zobrazovacího zařízení
USB	universal seriál bus , univerzální sériová sběrnice
I ² C	inter-integrated circuit , multi-masterová počítačová sběrnice
Wi-Fi	WiFi , bezdrátové komunikační standarty
RAM	random-access-memory , polovodičové paměti s přímým přístupem
DDR3	double-data-rate 3 , operační paměť
LiPo	lithium-polymerový akumulátor , typ elektrického akumulátoru
PVC	polyvinylchlorid , termoplast
GPS	global position systém , globální družicový polohový systém
IMU	inerciální měřicí jednotka , zařízení kombinující akcelerometr, gyroskop a magnetometr
MR	mobilní robot

Slovník termínů

Sběrnice je skupina signálových vodičů. Dělí se na skupiny řídicích, adresových a datových vodičů.

Port je fyzikální rozhraní pro připojení vnějších zařízení pomocí kabelu.

Rozhraní je program nebo zařízení pro spojení mezi jinými programy nebo zařízeními.

Access point, přístupový bod k bezdrátové Wi-Fi je zařízení umožňující připojení klientů

Sonar je zařízení pracující na principu radaru. Vysílá ultrazvukové vlny a přijímá tzv. echo.

Router tzv. směrovač je aktivní síťové zařízení, které přeposílá data směrem k cíli.

Úvod

Mobilní roboty je možno využívat pro průzkum a monitoring prostředí ve kterém se nachází. Jedná se především o obrazový přenos z prostředí, hlášení o nebezpečné koncentraci plynů v okolí robotu anebo vyhledávání osob.

Mobilní robot Viper je šestikolový servisní robot s diferenciálně řízeným podvozkem. Robot je určen pro požití ve vnitřních prostorech budov a městské oblasti. Systém v těchto prostorech vykonává inspekční a monitorovací úkony.

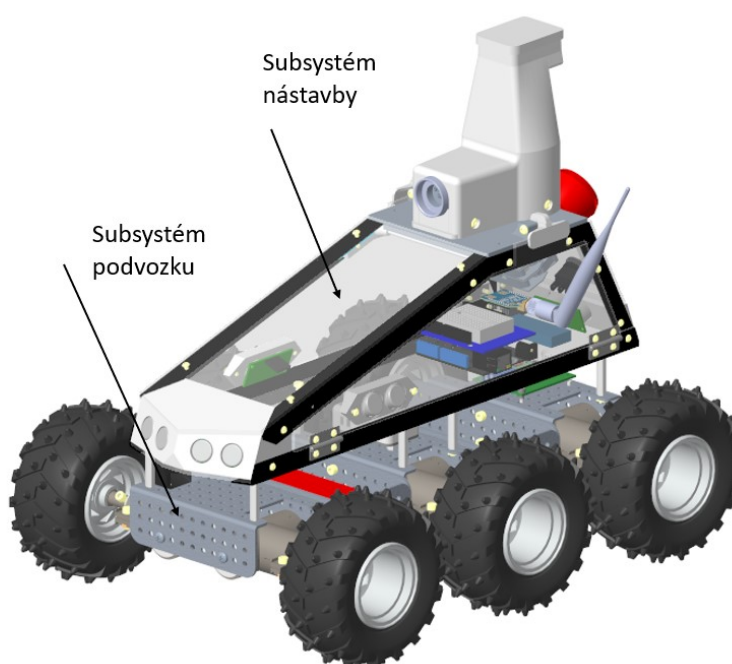
Při řešení zadané problematiky budu postupovat následovně. Jako první bude provedena analýza současného stavu robotu a budou určeny parametry jeho funkcí. Součástí analýzy bude popis mechanické a hardwarové struktury a dále také specifikace požadavků na systém. Na základě specifikovaných požadavků budou navrženy varianty nového hardwaru. Varianty budou zhodnoceny a následně dojde k výběru varianty pro realizaci. Po realizaci a oživení hardwarové části robotu budou navrženy úpravy konstrukce robotu pro její montáž. Následně bude podrobně popsáno nové řešení robotu a jeho funkce. Na závěr budou uvedeny náměty pro další směr vývoje robotu Viper.

1 Současný stav a požadavky na úpravu

Kapitola představuje současný stav MR Viper včetně aktuálního schématu zapojení. Je popsán použitý podvozek z hlediska konstrukce a hardwarového vybavení. Dále je popsána konstrukce nastavby robotu a její hardwarová výbava. Kapitola také obsahuje požadavky na rozšíření funkcionality robotu dle zadání diplomové práce. Nakonec jsou uvedeny možnosti řešení požadavků.

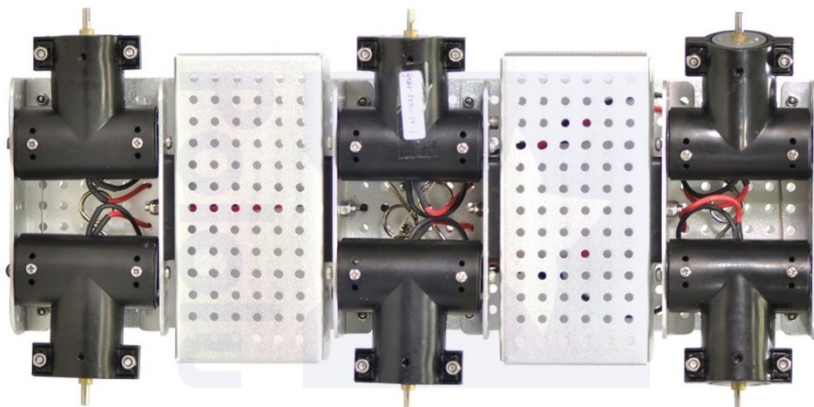
1.1 Aktuální stav MR Viper

MR Viper je složen ze subsystému podvozku a subsystému nastavby.



Obr. 1 Náhled 3D modelu MR Viper

Subsystém podvozku tvoří kupovaný podvozek Dagu Wild Thumper 6WD. Podvozek je tvořen 5 hliníkovými segmenty a 6 samostatnými moduly motorů s držáky pro uchycení do hliníkových segmentů. Moduly jsou na podvozku uchyceny nezávisle. Motory jsou stejnosměrné s napájecím napětím 2 – 7,5 V. Převodovány jsou v poměru 75:1. Podvozek má maximální rozměry 420 x 300 x 130 mm a světlá výška podvozku je 60 mm. Maximální nosnost podvozku činí 5 kg.

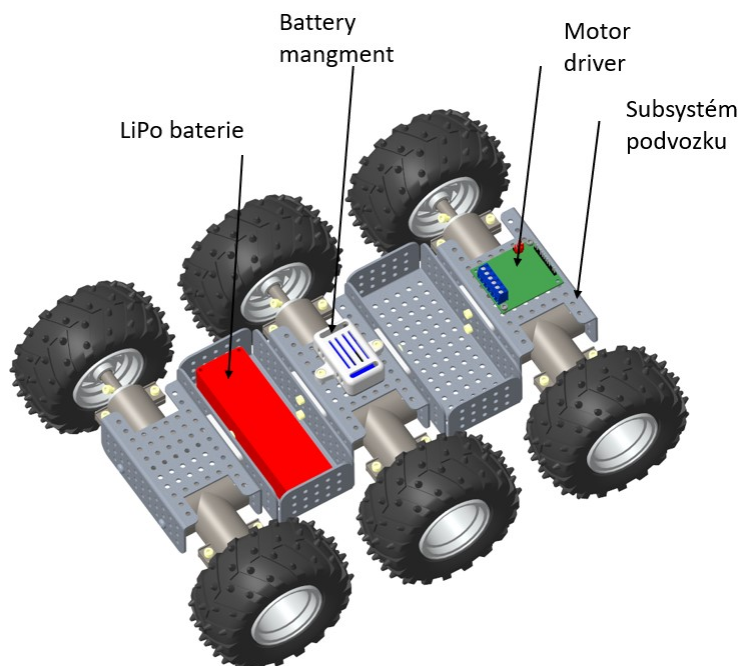


Obr. 2 Podvozek Dagu Wild Thumper 6WD (spodní pohled)

V podvozku je umístěna LiPo baterie NOSRAM 110C/55C s napětím 7,4 V a kapacitou 7000 mAh.

Na podvozku je umístěn v tištěném držáku u battery management 2S 10 A Li-ion 8.4 V 18650 DIY BMS PCM.

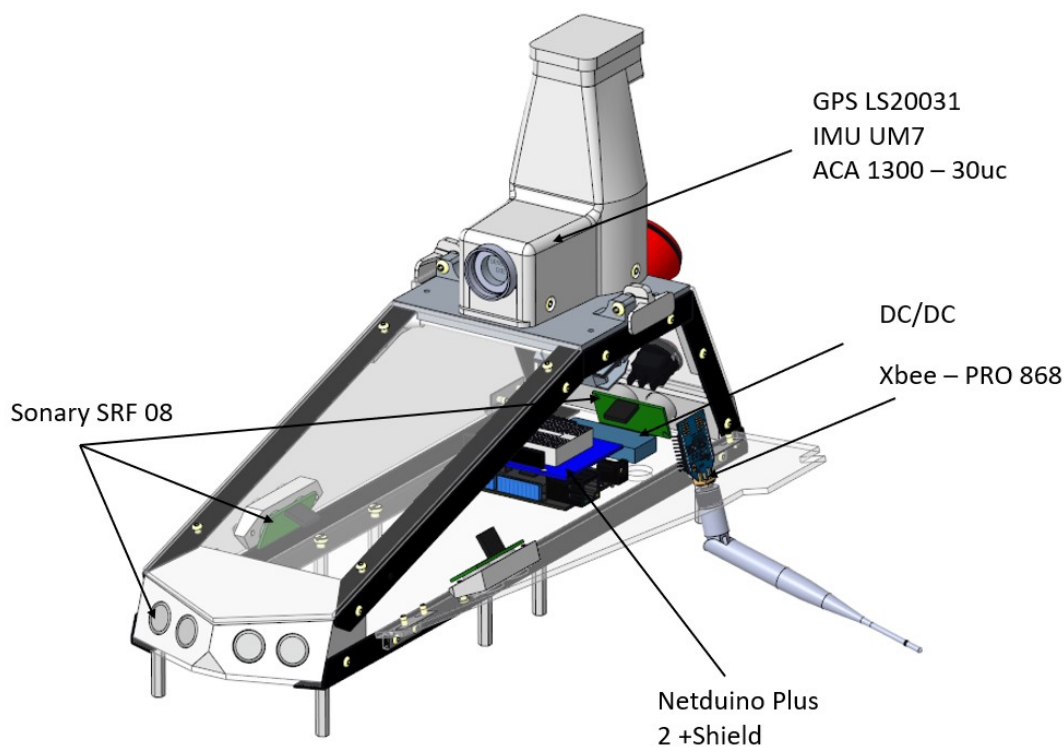
Dále je v zadní části podvozku uchycen motorový driver Qik2s12v10. Motorový driver je schopen ovládat rychlost a směr u dvou stejnosměrných motorů. Rozsah provozního napětí je 6 až 16 V a maximální nepřetržitý proud na jeden motor činí 13 A. Driver komunikuje pomocí UART sběrnice.



Obr. 3 Subsystém podvozku

Nástavba je tvořena nosnou konstrukcí z PVC L profilů, plexisklových krycích desek a tištěnými díly pro uchycení sonarů. Dále je nástavba doplněna o tištěný vrchní kryt pro uchycení kamery, GPS a IMU modulu. K podvozku je upevněna pomocí osmi distančních sloupků.

V nástavbě je umístěna hlavní řídicí jednotka Netduino Plus 2 se shieldem. Deska pracuje na platformě NET Micro Framework na 32bitové architektuře s taktem 168 MHz. Dále je v nástavbě DC/DC step down měnič a komunikační modul XBee – PRO 868 s pracovní frekvencí 868 MHz a dosahem 1 km. Přední, zadní a boční tištěné díly jsou osazeny celkem 5 sonary SRF – 08 s měřicím rozsahem 6 cm až 6 m. Ve vrchním krytu je umístěn GPS modul LS20031 a IMU modul UM7. V nástavbě se aktuálně nachází i kamera Basler ACA 1300–30uc. Kamera není připojena, neboť k připojení disponuje pouze rozhraním USB 3.0. [1]



Obr. 4 Subsystem nástavby

Celkové schéma zapojení původní varianty je uvedeno v Příloha B: Schéma zapojení původního stavu MR Viper.

1.2 Požadavkový list

	Typ	Parametr	Hodnota
Konstrukce	Nástavba	Materiál rámu	Hliník
		Materiál krytu	Plexisklo PLA, ABS (3D tisk)
		Komponenty	GPS, kamera, sonary, řídící a komunikační deska, mikrofonní pole
		Maximální hmotnost	3 kg
	Podvozek	Maximální nosnost	5 kg
		Min. světlost podvozku	50 mm
		Minimální doba jízdy	45 minut
		Max. rozměry (šířka x délka)	140 x 450 mm
		Uchycení komponent	Baterie, BM, OD, senzor spotřeby proudu
Hardware	Řídící deska	Typ	Architektura ARM
		Software	Linux
		Rozhraní	USB 3.0 (2.0), RJ -45 (LAN)
	Mikrofonové pole	Typ mikrofону	Všesměrový
		Počet mikrofónů	3 a více

		Uspořádání mikrofونů	Rovinné (prostorové)
	Kamera	Typ	Basler ACA 1300 - 30uc
		Typ připojení	USB
	Komunikace	Typ	Wi-Fi router
		Frekvence	2.4 GHz
		Funkce	Access point (bridge)
	Senzory plynů	Druh plynů	LPG, CO, CH ₄
		Počet senzorů	2
	Měření dalších vlastností vnějšího okolí robota	Teplota	-15° až + 55 °C
		Vlhkost	30 % až 75 % HR
	Měření vnitřních vlastností robota	Teplota	0° až + 85 °C
		Napětí	Max. 7,5 V
		Proud	max. 20 A
Software	Platforma	ROS	Kinetic, Melodic
		Balíky	Rosserial

1.3 Plnění požadavků

V kapitole jsou uvedeny prostředky pro řešení požadavků po softwarové stránce. Dále je uvedena stručná teorie k funkci mikrofonního pole a jeho parametrům.

1.3.1 ROS

ROS (robot operating system) je flexibilní nástroj pro psaní softwaru pro roboty. Jde o sadu nástrojů a knihoven pro vytvoření komplexního a kódu pro roboty různých platforem (viz. Obr. 5).



Obr. 5 ROS

ROS umožňuje abstrakci hardwaru, kontrolu řízení na nízké úrovni, předávání zpráv mezi procesy a správu balíčků. Software v ROS lze rozdělit do skupin:

- I) Vytváření a distribuce softwaru
- II) Implementace klientských knihoven ROS – roscpp, rospy, roslisp
- III) Balíčky kódu využívající jednu nebo více knihoven ROS

Knihovny (jazyky C++, Python a Lisp) jsou pod licencí BSB jako open-source a jsou dostupné zdarma pro komerční a výzkumné účely. Další balíčky jsou distribuovány s otevřeným kódem.

ROS podporuje Linux Ubuntu, MacOS, Windows a Android. [2]

1.3.2 Akustická lokalizace

Soubor senzorů akustických tlaků (mikrofonů) uspořádaných do různých plošných i prostorových geometrických tvarů.

Dělí se:

- Lineární – mikrofony jsou v jedné linii vedle sebe
- Rovinné – mikrofony jsou rozmístěny v geometrických tvarech po ploše
- Prostorové – mikrofony jsou v prostoru

Rovinné pole

Rozmístění umožňuje 2D lokalizaci. Senzory jsou rozmístěny do dvou a více lineárních polí, které jsou na sebe kolmé (viz. Obr. 6). Oproti lineárnímu nedochází k prostorové nejednoznačnosti. Prostorová nejednoznačnost znamená, že uspořádání pole není schopno určit, jestli zvukový signál přichází z přední nebo zadní plochy pole. Musí být dodržena podmínka, že vzdálenost dvou vedlejších mikrofonů musí být větší než polovina vlnové délky snímaného signálu:

$$s < \frac{\lambda_m}{2} \quad (1)$$

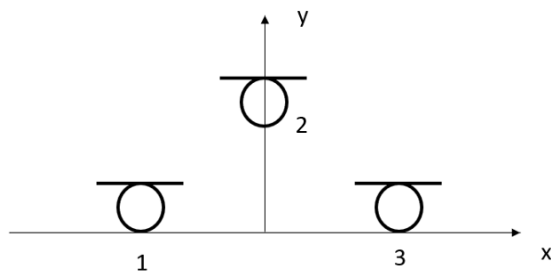
λ_m – vlnová délka, s – vzdálenost mezi mikrofony

Pro funkci pole je potřeba dodržet Shannon – Niquistův teorém:

$$f \geq 2 \cdot f_m \quad (2)$$

f – vzorkovací frekvence, f_m – maximální frekvence vzorkovaného signálu

Při nedodržení vzniká prostorová aliasing.

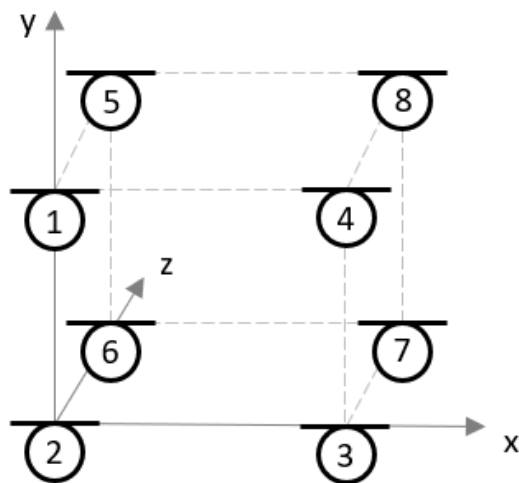


Obr. 6 Schéma rovinného mikrofonního pole

Prostorové pole

Metody pro určování zdroje zvukového signálu jsou založeny na odhadu časových diferencí. Porovnává se příchozí signál z minimálně dvou mikrofونů. Následně se analyzuje časové zpoždění a ze známého zpoždění se vypočítává poloha zvukového zdroje.

V robotice se nejčastěji používá metoda TDOA. Pro její využití se předpokládá, že vzdálenost zdroje je větší, než je vzdálenost mezi dvěma sousedními mikrofony. [3]



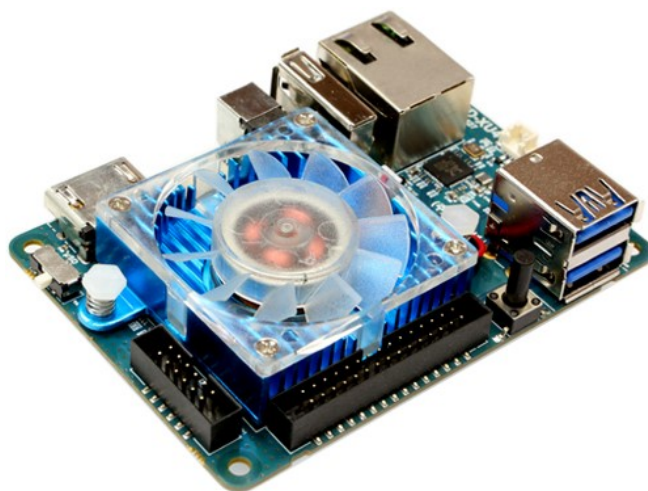
Obr. 7 Schéma prostorového mikrofonního pole

2 Návrh variant nového HW pro MR Viper

V kapitole jsou uvedeny tři navržené varianty použití a zapojení rozšířeného hardwaru pro plnění požadavků MR Viper. V kapitole jsou popsány základní parametry hardwaru a jeho možnosti plnění daných požadavků. Dále jsou v kapitole navrženy dva možné způsoby umístění mikrofónů pro mikrofónní pole.

2.1 Varianta A

Hlavní řídicí jednotkou varianty A je Odroid XU 4 (viz. Obr. 8). Deska je osazena čtyřmi jádry s 2 GHz a čtyřmi jádry s 1,4 GHz. Architektura procesorů je 32bitová. Deska umožňuje použití Linux. Konkrétně distribuci OS Ubuntu 16.04 a 18.04. Na desku je možné připojit kameru ACA 1300–30uc pomocí USB 3.0 a router pro komunikaci pomocí Wi-Fi. Deska je napájena 5 V a max. spotřeba desky jsou 4 A při využití všech USB portů. [1]



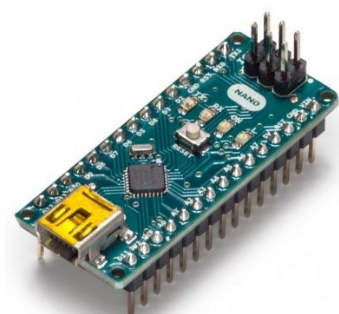
Obr. 8 Odroid XU 4 [1]

Pro připojení UART sériového rozhraní, I²C rozhraní, analogových, digitálních vstupů a výstupů jsou použity dva sekundární mikrokontrolery Arduino Nano (viz. Obr. 10).

Tab. 1 Parametry Odroid XU4 [1]

Typ	Parametr	Hodnota
Procesor	4 x Cortex A15	2 GHz
	4 x Cortex A7	1,4 GHz
RAM paměť	DDR3	2 GB
Uložiště	MicroSD karta	64 GB
	eMMC5.0	8 GB
Konektory	USB	2 x 3.0 1 x 2.0
	Gigabit Ethernet port	RJ – 45
	HDMI	1.4
	GPIO/ I ² C/I2S	30 + 12 pin
	SPI/ UART/ ADC	30 pin
Napájení	DC	5 V/ 4 A
Rozměry	85 x 58 x 22 mm	včetně aktivního chladiče
Hmotnost	38 g	

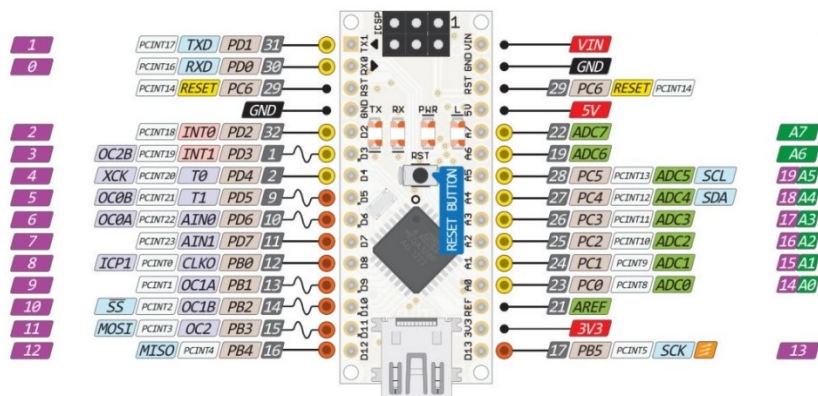
Arduino Nano (viz. Obr. 9) je založeno na procesoru ATmega328P. Desky jsou k hlavní řídicí jednotce připojeny pomocí USB portu. Desky zprostředkovávají komunikaci mezi hlavní řídicí jednotkou a ostatním hardwarem robotu. Desky jsou napájené 5 V se spotřebou 0,5 A pomocí USB rozhraní, které slouží také pro komunikaci. [5]



Obr. 9 Arduino Nano [5]

Tab. 2 Parametry Arduino Nano [5]

Typ	Parametr	Hodnota
Procesor	ATmega328P	16 MHz
RAM paměť	2 KB	SRAM
Uložiště	flash	32 KB
Konektory	AI	16 pinů
	I/O	14 pinů (6 PWM)
Napájení	DC	5 V (microUSB)
Rozměry [mm]	43,18 x 18,54	
Hmotnost [g]	17	



Obr. 10 Piny na Arduino [6]

Komunikaci robotu s operátorem je zprostředkována pomocí Wi-Fi. Komunikaci zajišťuje Wi-Fi router Netis WF2411D (viz. Obr. 11). Router je schopen pracovat v režimu bridge nebo access point. Router v tomto režimu slouží jako převodník, přijímá bezdrátový signál a následně ho pomocí kabelu s rozhraním RJ-45 přeposílá do řídicí jednotky. Router pracuje na frekvenci 2,4 GHz se standardy 802.11 b, g a n. Pracovní napětí je 9 V a spotřeba proudu 500 mA. Rozměry routeru jsou 99 x 27 x 133 mm a váha činí 159 g. Router je připojen k Odroidu pomocí rozhraní RJ – 45. [7]

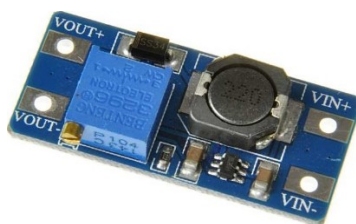


Obr. 11 Netis WF2411D [7]

Tab. 3 Parametry Netis WF2411D [7]

Parametr	Hodnota
WLAN standardy	802.11 b, g, n
Frekvenční rozsah [GHz]	2,4
Rozhraní	RJ-45, Wi-Fi
Napětí [V]	9
Proud [A]	0,5
Rozměry [mm]	99 x 27 x 133
Hmotnost [g]	159

Napájení routeru je zajištěno pomocí DC/DC konvertor MT3608 step-up 5–28 V 2 A (viz. Obr. 12), který mění výstupní napětí baterie z 7,4 V na 9 V. [8]



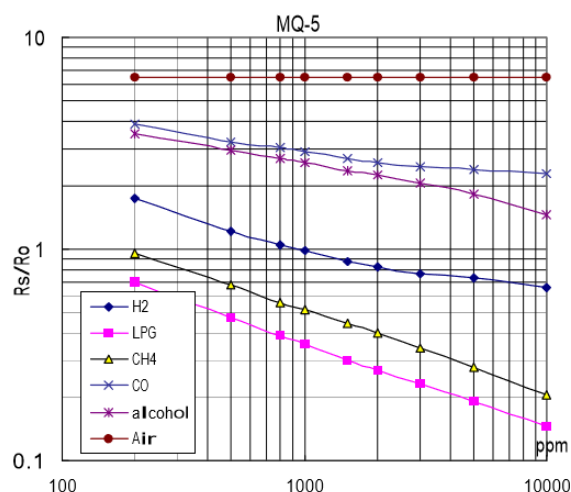
Obr. 12 DC / DC konvertor MT3608 [8]

Tab. 4 Parametry MT3608 [8]

Parametr	Hodnota
Napětí [V]	2–24
Max. proud [A]	2
Účinnost [%]	93
Rozměry [mm]	36 x 17 x 17
Hmotnost [g]	5

Monitoring potencionálně nebezpečných plynů provádí dva senzory MQ 5 a 7. Dva senzory jsou použity z důvodu přesného určení měřeného plynu.

Senzor MQ5 (viz. Obr. 13) je napájen 5 V se spotřebou 70 mA a výstupní signál je analogový. MQ5 je schopen detekovat H₂, LPG, CH₄, CO, alkohol. [9] [10]



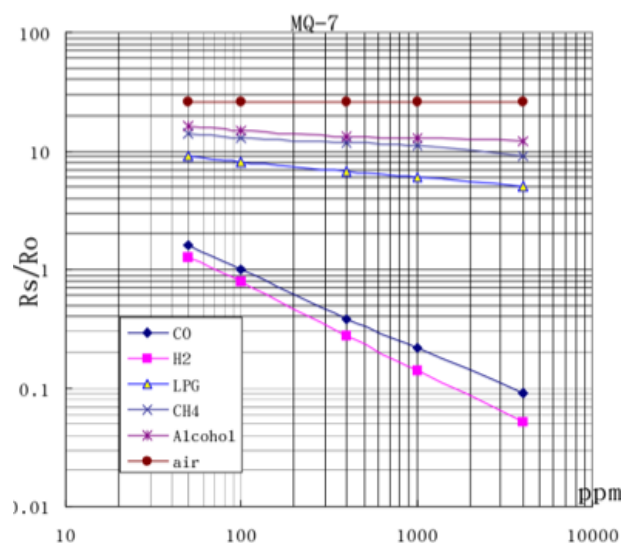
Obr. 13 Čidlo MQ5 s křivkami citlivosti [9] [10]

Tab. 5 Parametry MQ5 [9] [10]

Parametr	Hodnota
Sensor	MQ5
Napájecí napětí [V]	5
Napájecí proud [A]	0,07
Výstup	Analog
Měřený plyn	LPG, CO, CH ₄

Zahřívací doba [s]	cca 600
Rozměry [mm]	32 x 22 x 27
Rozměry [g]	23

Senzor MQ7 (viz. Obr. 14) je napájen 5 V se spotřebou 150 mA a výstupní signál je analogový. MQ7 je schopen detekovat LPG, CH₄, CO, H₂ a alkohol. [11] [12]



Obr. 14 Čidlo MQ7 s křivkami citlivosti [11] [12]

Tab. 6 Parametry MQ7 [11] [12]

Parametr	Hodnota
Sensor	MQ7
Napájecí napětí [V]	5
Napájecí proud [A]	0,15
Výstup	Analog + TTL (alarm)
Měřený plyn	LPG, CO, CH ₄
Zahřívací doba [s]	20
Rozměry [mm]	36 x 24 x 22
Rozměry [g]	20

O snímání teploty okolí a vnitřního systému se starají dva senzory HTU21D (viz. Obr. 15). Rozsah měřené teploty -30 až $+90$ °C s přesností ± 1 °C. Senzor je napájen 5 V se spotřebou 0,1 A. Deska je připojena na I²C sběrnici Arduino Nano. [13] [14]

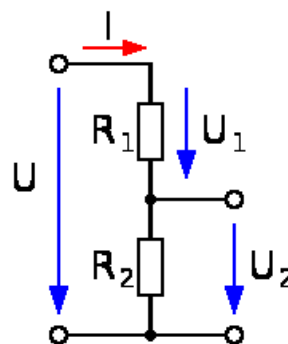
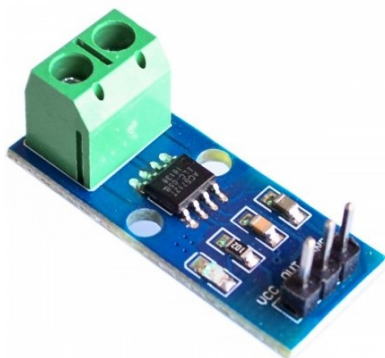


Obr. 15 Senzor teploty HTU21D [13] [14]

Tab. 7 Parametry HTU21D [13] [14]

Parametr	Hodnota
Sběrnice	I ² C
Napájecí napětí	3,3 - 5 VDC
Rozsah měření teploty	-30 až $+90$ °C ± 1 °C
Rozměry [mm]	12x10
HTU21D [g]	1,5

Detekci spotřeby proudu zajišťuje senzor ACS712 (viz. Obr. 16). Senzor je napájen 5 V. Měřený rozsah je 5, 20 a 30 A s přesností až 0,1 A. Rozměry desky jsou 31 x 31 mm. Modul je připojen na analogový pin Arduino Nano. Spotřeba napětí je měřena přímo pomocí odporového děliče (viz. Obr. 16) připojeného k analogovému pinu Arduino Nano. [15]

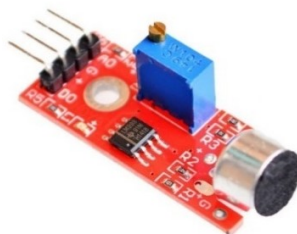


Obr. 16 Proudový senzor ACS712 a schéma odporového děliče [15] [16]

Tab. 8 Parametry ASC712 [15]

Parametr	Hodnota
Rozsah [A]	20
Napájecí napětí [V]	5
Rozměry [mm]	31 x 13
Hmotnost [g]	2,8

Pro mikrofonní pole je použit mikrofonní modul Arduino KY 038 (viz. Obr. 17). Modul je napájen pomocí 5 V. [17]



Obr. 17 Modul mikrofonu s analogovým výstupem [17]

Tab. 9 Parametry Modulu mikrofonu s analogovým výstupem [17]

Parametr	Hodnota
Čip	LM398
Napájecí napětí	5 VDC
Rozměry [mm]	40 x 15 x 14
Hmotnost [g]	3

Kamera Basler ACA 1300–30uc (viz. Obr. 18). Připojovací rozhraní USB 3.0. Kamera využívá senzor Sony ICX445 CCD s rozlišením 1,3 Mpx a snímkovací frekvencí 30 fps. Spotřeba kamery je 0,6 A. [20]

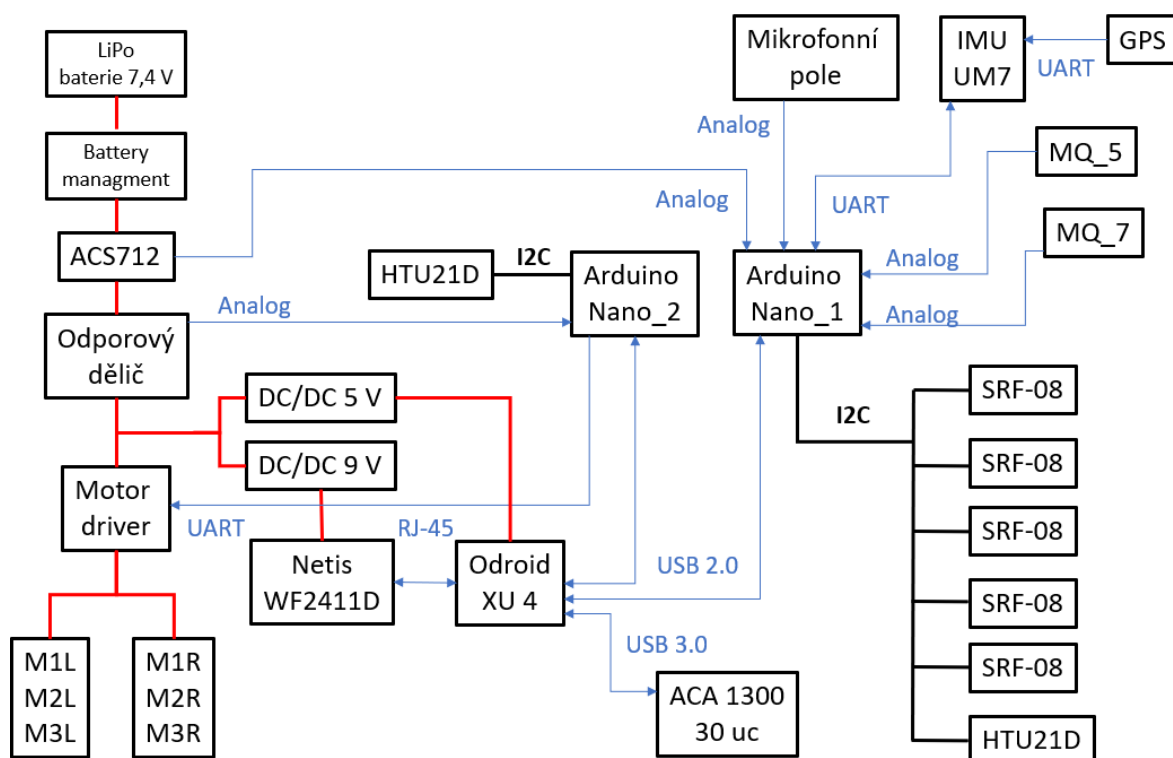


Obr. 18 ACA 1300- 30uc [20]

Tab. 10 Parametry ACA 1300 - 30uc [20]

Typ	Parametr	Hodnota
Sensor	Výrobce	Sony
	Čip	ICX445
	Typ	CCD
	Velikost [mm]	4,9 x 3,6
	Rozlišení [px]	1294 x 964
	Snímkovací frekvence [fps]	30
	Mono/ barva	barva
Vlastnosti	Konektor	USB 3.0
	Bitová hloubka [bit]	12
	Synchronizace	hardware/ software
	Digitální vstup/ výstup	1/ 1
	I/ O	2
	Požadavky napájení	Rozhraní USB 3.0
	Spotřeba energie	3 W
Pouzdro	Bajonet objektivu	C
	Rozměr [mm]	29,3 x 29 x 29
	Hmotnost [g]	80

2.1.1 Blokové schéma zapojení



Obr. 19 Blokové schéma zapojení varianty A

2.1.2 Vlastnosti a parametry varianty A

Variant A (viz. Obr. 19) je založena na hlavní řídicí jednotce Odroid XU4 s možností použití OS Linux – Ubuntu. Pomocí rozhraní USB 3.0 je možné ve variantě použít kameru Basler ACA 1300–30uc. Komunikaci zajišťuje router Netis, který funguje jako bridge. To znamená, že slouží jako přepojení mezi deskou Odroid a řídicím PC. Pro připojení ostatního hardwaru k desce Odroid slouží dvě desky Arduino Nano, které zajišťují komunikaci mezi hlavní řídicí jednotkou a senzory. Pro měření koncentrace nebezpečných plynů jsou ve variantě použity dva senzory plynu MQ5 a MQ7. Pomocí dvou senzorů s různými křivkami citlivosti na jednotlivé plyny je možné určit relativně přesnou koncentraci plynů LPG, CO a CH₄. Pro měření napětí na baterii je využit vlastní odporový dělič připojený na analogový pin Arduino Nano. Měření aktuální spotřeby proudu je realizováno pomocí senzoru ACS712. Měření vnitřní teploty systému a měření vnější teploty je realizováno pomocí dvou modulů HTU21D. Senzor má dostatečný měřicí rozsah a přesnost. Mikrofonní modul Arduino seřazený do mikrofonního pole slouží pro možnou detekci zdroje zvuku.

V Tab. 11 je uvedená spotřeba proudu nových komponent hardwaru. Tab. 12 uvádí celkovou hmotnost nového hardwaru.

Tab. 11 Spotřeba varianty A

Typ	Hodnota
Odroid XU4	4 A
2 x Arduino Nano	$2 \times 0,5 = 1 \text{ A}$
Netis WF2411D	0,5 A
MQ5	0,07 A
MQ7	0,15 A
2 x HTU21D	$2 \times 0,1 = 0,2 \text{ A}$
ACS712	0,003 A
ACA 1300–30 uc	0,6 A
Celková spotřeba	6,523 A

Tab. 12 Hmotnost varianty A

Typ	Hodnota
Odroid XU4	38 g
2 x Arduino Nano	$2 \times 17 = 34 \text{ g}$
Netis WF2411D	159 g
MT3608 step-up 5–28 V 2 A	5 g
MQ5	23 g
MQ7	20 g
2 x HTU21D	$2 \times 1,5 = 3 \text{ g}$
ACS712	2,8 g
3 x Mikrofonní modul Arduino	$3 \times 3 = 9 \text{ g}$
ACA 1300–30 uc	80 g
Celková hmotnost	335,8 g

Celkové schéma zapojení varianty A je uvedeno v Příloha C: Schéma zapojení varianty A

2.2 Varianta B

Hlavní řídicí jednotka varianty B je shodná s variantou A. Je využita deska Odroid XU 4 pro její možnost připojení kamery Basler ACA 1300–30uc pomocí rozhraní USB 3.0 a využití platformy Linux.

Pro připojení UART sériového rozhraní, I²C rozhraní, analogových, digitálních vstupů a výstupů je použita deska Arduino Mega (viz. Obr. 20).

Arduino Mega je napájena 9 V se spotřebou proudu 1 A. [21]



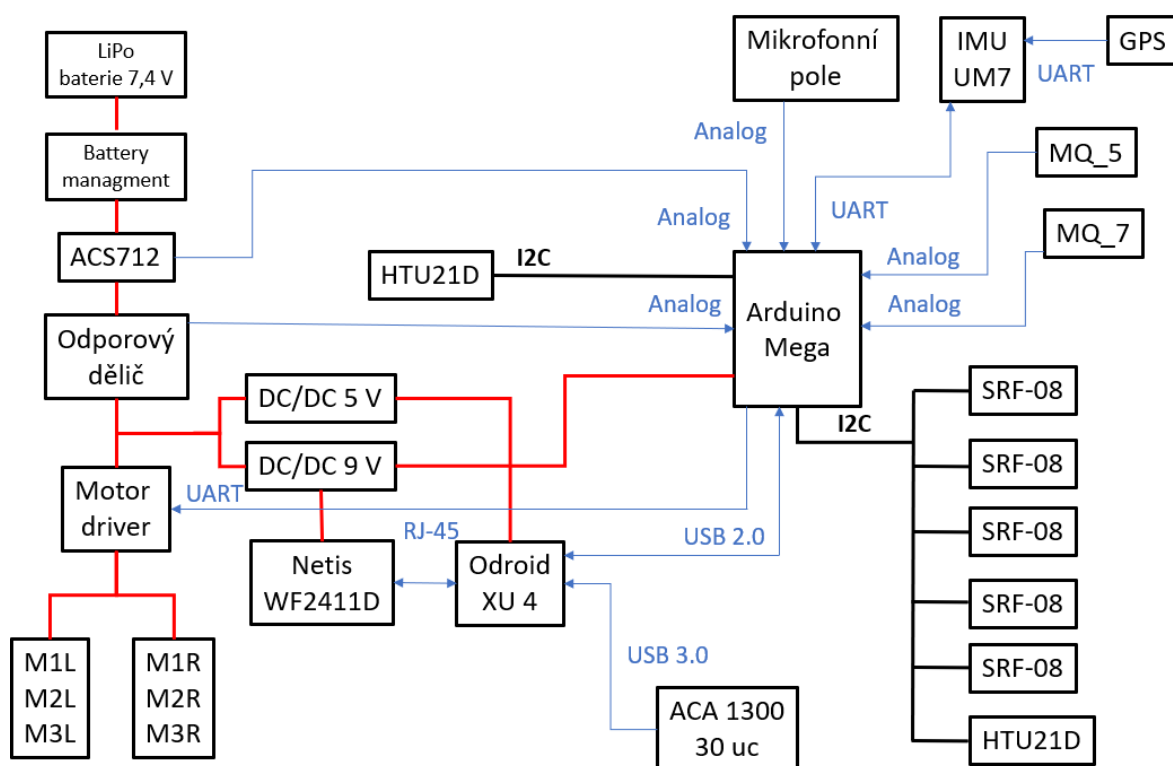
Obr. 20 Arduino Mega [21]

Další navržený hardware je totožný s variantou A. Všechny komponenty připojené ve variantě A ke dvěma deskám Arduino Nano jsou ve variantě B připojeny k jedné desce Arduino Mega (viz. Obr. 21).

Tab. 13 Parametry Arduino Mega [21]

Typ	Parametr	Hodnota
Procesor	ATmega2560	16 MHz
RAM paměť	SRAM	8 KB
Uložiště	flash	256 KB
Konektory	AI	16 pinů
	I/O	54 pinů (15 PWM)
Napájení	DC	7–12 V
Rozměry [mm]	101,52 x 53,3	
Hmotnost [g]	37	

2.2.1 Schéma zapojení



Obr. 21 Blokové schéma zapojení varianty B

2.2.2 Vlastnosti a parametry varianty B

Varianta B je založena na hlavní řídicí jednotce Odroid XU4 s možností použití OS Linux – Ubuntu. Pomocí rozhraní USB 3.0 je možné ve variantě použít kameru Basler ACA 1300–30uc. Komunikaci zajišťuje router Netis, který funguje jako bridge. To znamená že slouží jako přepojení mezi deskou Odroid a řídicím PC. Pro připojení ostatního hardwaru k desce Odroid slouží jedna deska Arduino Mega, která zajišťuje komunikaci mezi hlavní řídicí jednotkou a senzory. Pro měření koncentrace nebezpečných plynů jsou ve variantě použity dva senzory plynu MQ5 a MQ7. Pomocí dvou senzorů s různými křivkami citlivosti na jednotlivé plyny je možné určit relativně přesnou koncentraci plynů LPG, CO a CH₄. Pro měření napětí na baterce je využit vlastní odporový dělič připojený na analogový pin Arduino Mega, měření aktuální spotřeby proudu je realizováno pomocí senzoru ACS712. Měření vnitřní teploty systému a měření vnější teploty je realizováno pomocí dvou modulů HTU21D. Senzor má dostatečný měřicí

rozsah a přesnost. Mikrofonní modul Arduino seřazený do mikrofonního pole slouží pro detekci zdroje zvuku.

V Tab. 14 je uvedená spotřeba proudu nových komponent hardwaru. Tab. 15 uvádí celkovou hmotnost nového hardwaru.

Tab. 14 Spotřeba varianty B

Typ	Hodnota
Odroid XU4	4 A
Arduino Mega	1 A
Netis WF2411D	0,5 A
MQ5	0,07 A
MQ7	0,15 A
2 x HTU21D	2 x 0,1 = 0,2 A
ACS712	0,003 A
ACA 1300–30 uc	0,6 A
Celková spotřeba	6,523 A

Tab. 15 Hmotnost varianty B

Typ	Hodnota
Odroid XU4	38 g
Arduino Mega	37 g
Netis WF2411D	159 g
MT3608 step-up 5–28 V 2 A	5 g
MQ5	23 g
MQ7	20 g
2 x HTU21D	2 x 1,5 = 3 g
ACS712	2,8 g
3 x Mikrofonní modul Arduino	3 x 3 = 9 g
ACA 1300–30 uc	80 g
Celková spotřeba	338,8 g

Celkové schéma zapojení varianty B je uvedeno v Příloha D: Schéma zapojení varianty B

2.3 Varianta C

Hlavní řídicí jednotkou varianty C je Raspberry Pi 3 B+ (viz. Obr. 22). Deska je osazena čtyřjádrovým procesorem s 1,4 GHz a 64bitovou architekturou. Deska podporuje Linux, OS Ubuntu 16.04 a 18.04. Deska je vybavena čtyřmi USB 2.0 porty, Gigabit ethernet portem pro připojení routeru. Deska je napájena 5 V s maximální spotřebou 1,34 A. [22]



Obr. 22 Raspberry Pi 3 B + [22]

Tab. 16 Parametry Raspberry Pi 3 B + [22]

Typ	Parametr	Hodnota
Procesor	4 x Cortex-A53	1,2 GHz
RAM paměť	SDRAM	1 GB
Uložiště	MicroSD karta	max. 32 GB
Konektory	USB	4 x 2.0
	Gigabit Ethernet port	RJ – 45
	HDMI	1.4
	GPIO	40 pin
Napájení	DC	5 V/ 1,34 A
Rozměry [mm]	85,6 x 56,5 x 17	
Hmotnost [g]	45	

Pro připojení UART sériového rozhraní, analogových, digitálních vstupů a výstupů je použita jedna deska Arduino Nano.

Z důvodu absence rozhraní USB 3.0 na Raspberry Pi 3 není možné v této variantě využít kameru Basler ACA 1300–30uc. Kamera je ve variantě nahrazena web kamerou A4tech PK-910H (viz. Obr. 23). Kamera je vybavena FullHD senzorem s 2 Mpx se snímkovací frekvencí 30 FPS. Rozhraní pro připojení USB 2.0. [23]



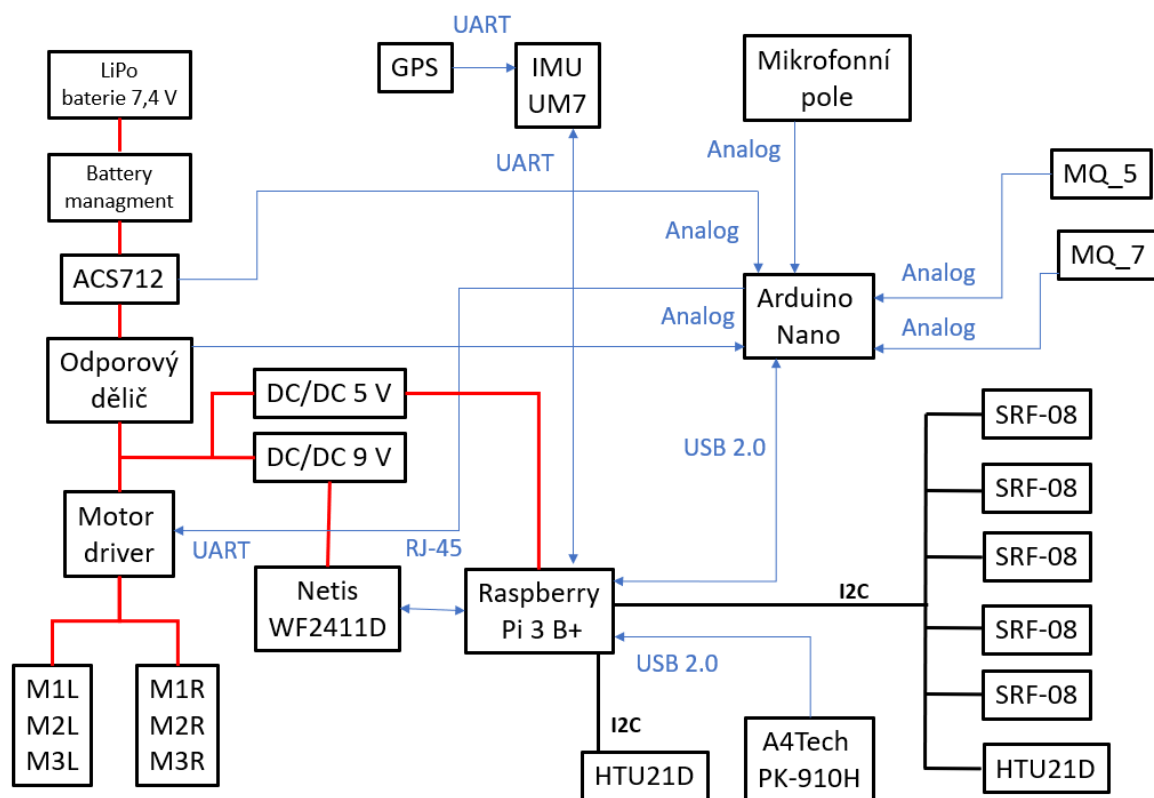
Obr. 23 Kamera A4tech PK-910H [23]

Tab. 17 Parametry A4tech PK-910H [23]

Parametr	Hodnota
Rozhraní	USB 2.0
Snímkovací frekvence [fps]	30
Rozměry [mm]	60 x 56 x 39
Hmotnost [g]	50

Ostatní hardware je shodný s variantami A a B. Senzory s analogovými výstupy jsou připojeny k desce Arduino Nano. Senzory komunikující na I²C sběrnici jsou připojeny přímo na hlavní řídicí jednotku Raspberry Pi 3 (viz. Obr. 24).

2.3.1 Schéma zapojení varianty C



Obr. 24 Blokové schéma zapojení varianty C

2.3.2 Vlastnosti a parametry varianty C

Varianta C je založen na hlavní řídicí jednotce Raspberry Pi 3 B+ s možností použití OS Linux – Ubuntu. Na rozdíl od předchozích variant není deska vybavena USB 3.0 portem. Z tohoto důvodu je v této variantě kamera Basler ACA 1300–30uc nahrazena web kamerou A4tech PK-910H s USB 2.0 portem a podobnými rozměry těla kamery. Komunikaci zajišťuje router Netis, který funguje jako bridge. To znamená že slouží jako přepojení mezi deskou Odroid a řídicím PC. Pro připojení ostatního hardwaru k desce Odroid slouží jedna deska Arduino Nano, která zajišťuje komunikaci mezi hlavní řídicí jednotkou a analogovými senzory. Pro měření koncentrace nebezpečných plynů jsou ve variantě použity dva senzory plynu MQ5 a MQ7. Pomocí dvou senzorů s různými křivkami citlivosti na jednotlivé plyny je možné určit relativně přesnou koncentraci plynů LPG, CO a CH₄. Pro měření napětí na baterce je využit vlastní odporový dělič připojený na analogový pin Arduino Nano, měření aktuální spotřeby proudu je realizováno pomocí senzoru ACS712. Měření vnitřní teploty systému a měření vnější teploty je realizováno

pomocí dvou modulů HTU21D. Senzor má dostatečný měřicí rozsah a přesnost. Modul mikrofonu seřazený do mikrofonního pole slouží pro detekci zdroje zvuku.

Tab. 18 Spotřeba varianty C

Typ	Hodnota
Raspberry Pi 3 B+	1,34 A
Arduino Nano	1 A
Netis WF2411D	0,5 A
MQ5	0,07 A
MQ7	0,15 A
2 x HTU21D	$2 \times 0,1 = 0,2$ A
ACS712	0,003 A
A4tech PK-910H	0,5 A
Celková spotřeba	3,763 mA

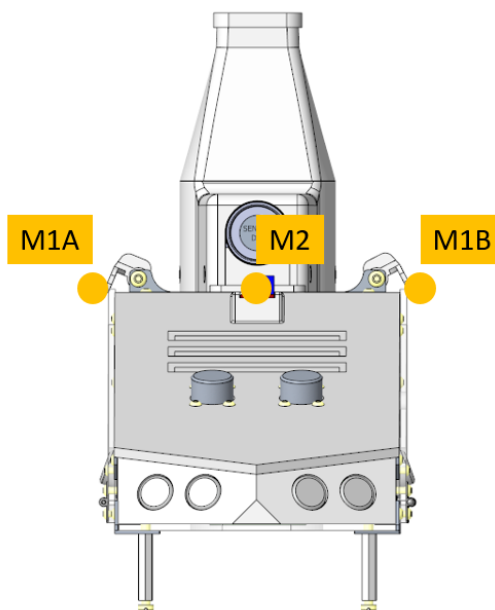
Tab. 19 Hmotnost varianty C

Typ	Hodnota
Odroid XU4	45 g
Arduino Nano	17 g
Netis WF2411D	159 g
MT3608 step-up 5–28 V 2 A	5 g
MQ5	23 g
MQ7	20 g
2 x HTU21D	$2 \times 1,5 = 3$ g
ACS712	2,8 g
3 x Mikrofonní modul Arduino	$3 \times 3 = 9$ g
A4tech PK-910H	50 g
Celková spotřeba	333,8 g

Celkové schéma zapojení varianty C je uvedeno v Příloha E: Schéma zapojení varianta C

2.4 Varianta mikrofonního pole 1

Mikrofonní pole je složeno ze tří mikrofonních modulů pro Arduino. Nosná konstrukce mikrofonního pole tvoří samotné tělo robotu. Dva mikrofony (M1A, M1B) jsou umístěny na bočních krytech. Třetí mikrofon (M2) posunutý mimo osu prvních dvou, nutný pro eliminaci předozadní nejednoznačnosti, je umístěn na předním krytu nástavby (viz. Obr. 25).



Obr. 25 Schéma umístění mikrofonů – varianta 1

Vzdálenost jednotlivých mikrofonů mikrofonního pole je závislá na šířce konstrukce robotu. Maximální šířka je 134 mm. Tímto je dána i vzdálenost mezi dvěma sousedními mikrofony.

Z podmínky

$$s < \frac{\lambda_m}{2} \quad (3)$$

je dána frekvence. Vzdálenost s je dosazena v metrech.

$$2 \cdot s < \lambda_m \quad (4)$$

$$\lambda_m > 2 \cdot 0,134 \quad (5)$$

$$\lambda_m > 0,268 \text{ m} \quad (6)$$

Poté je ze vzorce vypočtena minimální snímaná frekvence. Kdy c je rychlost šíření zvuku ve vzduch 330 m/s.

$$\lambda_m = c \cdot \frac{1}{f} \quad (7)$$

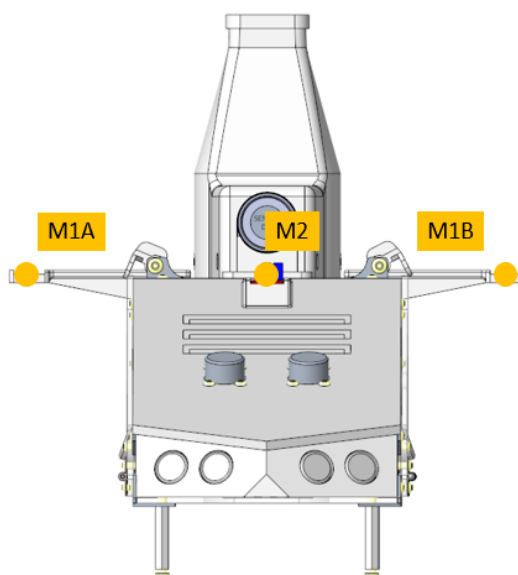
$$f = \frac{c}{\lambda_m} \quad (8)$$

$$f = \frac{330}{0,268} = 1231 \text{ Hz} = 1,23 \text{ kHz} \quad (9)$$

Z výpočtu vychází minimální snímaná frekvence 1,23 kHz. Maximální frekvence je omezena rozsahem mikrofonního modulu. Modul je v horní části rozsahu omezen na 10 kHz.

2.5 Varianta mikrofonního pole 2

Mikrofonní pole je složené ze tří mikrofonních modulů pro Arduino. Pole je z části umístěno na samostatné konstrukci a částečně využívá již danou nástavbu robotu. Samostatná konstrukce je tvořena dvěma rameny vyrobené s použitím 3D tisku. Každé rameno nese jeden mikrofon (M1A, M1B) a ramena jsou uchycena k vrchní nástavbě. Třetí mikrofon (M2) posunutý mimo osu prvních dvou nutný pro eliminaci předozadní nejednoznačnosti je umístěn na předním krytu nástavby (viz. Obr. 26).



Obr. 26 Schéma umístění mikrofonů – varianta 2

Platí stejná podmínka vzdálenosti dvou sousedních mikrofonů jako ve variantě 1.

$$s < \frac{\lambda_m}{2} \quad (10)$$

Kde λ_m se vypočítá ze vzorce a frekvence lidského hlasu se pohybuje v rozmezí 400 až 800 Hz. Volím hodnotu $f = 600$ Hz a c je konstanta rychlosti zvuku ve vzduchu 330 m/s.

$$\lambda_m = c \cdot \frac{1}{f} \quad (21)$$

$$\lambda_m = 330 \cdot \frac{1}{600} \quad (32)$$

$$\lambda_m = 0,55 \text{ m} = 550 \text{ mm} \quad (43)$$

Vzdálenost mezi sousedními mikrofony pak je:

$$s < \frac{\lambda_m}{2} \quad (54)$$

$$s < \frac{550}{2} \quad (65)$$

$$s < 225 \text{ mm} \quad (76)$$

Pak minimální snímaná frekvence je 600 Hz a maximální je omezena horní hranicí rozsahu mikrofonu na 10 kHz. [3]

2.6 Výběr varianty pro realizaci a parametry nového systému

Při výběru varianty patří mezi hlavní kritéria možnost připojit kameru ACA 1300 – 30uc. Tento požadavek vyplývá z hlediska již dříve navrženého a vyrobeného vrchního krytu. Vrchní kryt byl přímo navrhován pro použití této kamery.

Varianta C je na rozdíl od zbylých variant energeticky nejúspornější a nově navržený hardware má i nejnižší hmotnost. Rozdíly oproti dalším variantám jsou vzhledem k požadavku maximální nosnosti podvozku a minimální době jízdy zanedbatelné. Základ varianty C je postaven na platformě Raspberry Pi 3 B+. Od zbylých variant není deska vybavena sběrnici USB 3.0 a není proto možné použít kameru ACA 1300 - 30uc. Pro variantu byla navržena kamera nová, ale z výše uvedeného kritéria není vhodné použít variantu C.

Varianty A a B jsou postaveny na platformě Odroid XU 4. Deska je vybavena sběrnici USB 3.0 a proto je možné použít kameru ACA 1300 – 30uc s aktuálním vrchním krytem. Spotřeba a váha nově navrženého hardwaru obou variant je téměř shodná. Rozdíl, který je mezi variantou A a B, spočívá v použití tzv. bridge desky sloužící

pro zprostředkování komunikace mezi hlavní řídicí jednotkou a ostatním hardwarem robotu. Varianta B využívá rozměrově větší a výkonnější desku Arduino Mega. Varianta A používá dvě menší a méně výkonné desky Arduino Nano.

Pro realizaci byla zvolena varianta A. Varianta je použita z důvodu spotřeby desek, pracovního napětí a skutečnosti, že Arduino desky slouží jako přístupový bod k dalšímu hardwaru.

Pro realizaci mikrofonního pole byla vybrána navržená varianta 2. Pole není v této variantě omezeno rozměry nástavby. Pomocí ramen je vzdálenost mezi mikrofony upravena tak, aby bylo možné detekovat i frekvence blízké lidskému hlasu. Minimální snímaná frekvence činí 600 Hz a maximální frekvence je omezena použitým typem mikrofonu na 10 KHz.

3 Realizace

V kapitole je popsána úprava MR Viper s vybranou novou variantou. Nejprve je popsán nový hardware a jeho odzkoušení. Dále je upraven 3D model robotu s nově použitým hardwarem. Následně je pak uvedena realizace mechanických úprav na podvozku. Jako poslední je popsány softwarové uzly pro plnění požadovaných funkcí.

3.1 Hardware

Každá hardwarová část byla odzkoušena zvlášť. Byla ověřena její funkčnost. Hardware byl zapojen do desek dle schématu viz. Příloha H: Schéma zapojení A.

Pro měření aktuálního stavu napětí na baterii byl vytvořen odporový dělič (viz. Obr. 28). Dělič je nutný z důvodu ponížení napětí na hodnotu, kterou je možné přivést na měřicí pin. V tomto případě jde o snížení napětí z 7,4 V alespoň na 5 V a nižší.

Deska obsahuje dva páry svorek pro uchycení vstupní a výstupní kabeláže. Mezi svorkami se nachází samotný odporový dělič. Dělič je složen ze dvou diod a dvou odporů (viz. Obr. 28). Diody zajišťují správný směr průtoku proudu obvodem. Tím nedojde k nechtěnému přehození polarity a nedostatečnému ponížení napětí na výstupu děliče.

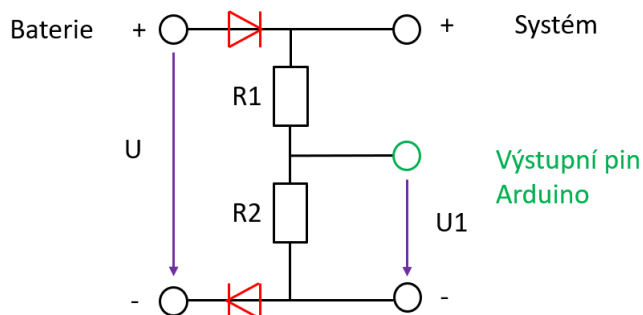
Odpor R_1 má $1200\ \Omega$ a odpor R_2 $270\ \Omega$. Mezi odpory je pak umístěn výstupní pin. Výstupní pin odporového děliče je následně připojen na měřicí pin Arduino desky.

$$U_1 = U \cdot \frac{R_2}{R_1 + R_2}$$

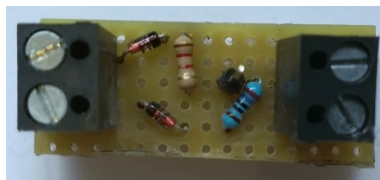
$$U_1 = 7,4 \cdot \frac{270}{1200 + 270}$$

$$U_1 = 1,36\ V$$

Při takovém to zapojení dojde ke snížení napětí z 7,4 V na 1,36 V. [24]



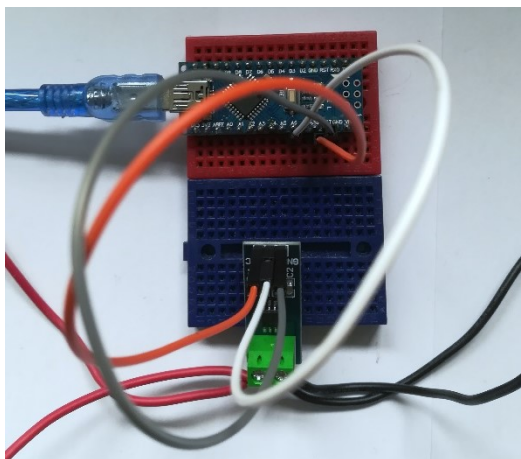
Obr. 27 Schéma odporového děliče



Obr. 28 Reálný dělič

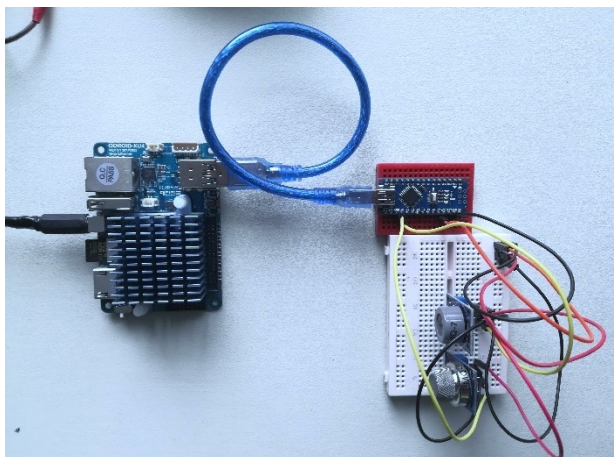
Odporový dělič je připojen na baterii. Výstupní svorka mezi odpory je připojena na analogový vstup. Měření hodnoty aktuálního napětí na baterii je prováděno pomocí softwarového balíku viz. kapitola 3.2.3.

Zapojení senzoru proudu ACS712 (viz. Obr. 29) je realizováno na analogový pin. Svorky jsou na modulu připojeny na baterii. Funkčnost byla vyzkoušena pomocí softwarového balíku viz. kapitola 3.2.3



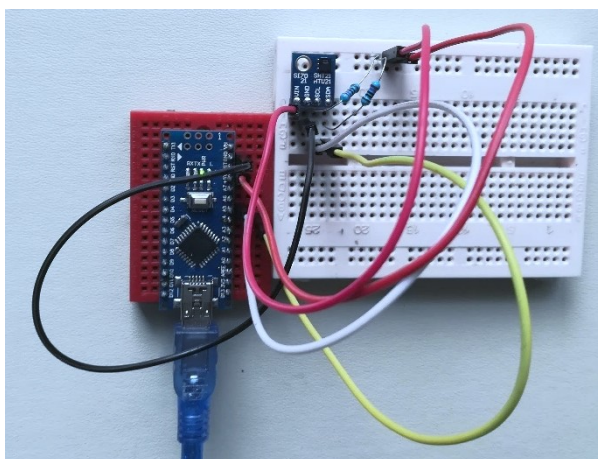
Obr. 29 Zapojení ACS712

Zapojení modulů MQ5 a MQ7 (viz. Obr. 30) je k desce provedeno pomocí analogových vstupů. Moduly jsou napájeny 5 V linkou. Funkčnost byla vyzkoušena pomocí softwarového balíku viz. kapitola 3.2.4.



Obr. 30 Zapojení modulů MQ5 a MQ7

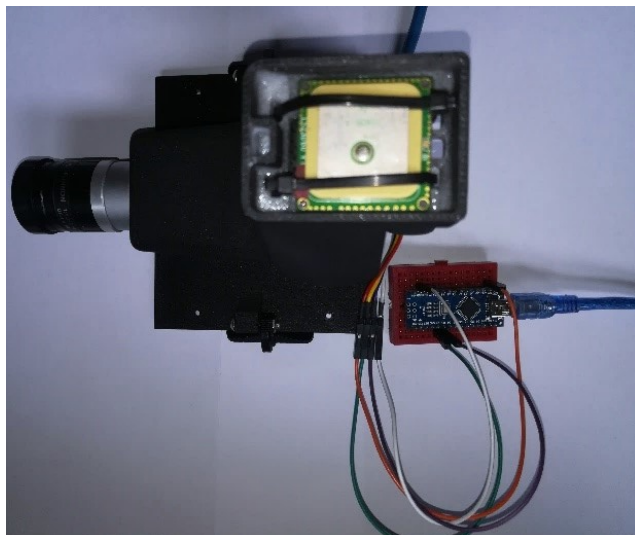
Zapojení modulu HTU21D (viz. Obr. 31) je realizováno přes sběrnici I²C. SDA a SCL kanály jsou přes rezistory s hodnotou odporu 1,8 k Ω připojeny k 5 V lince. Moduly jsou napájeny pomocí 5 V linky. Funkčnost byla vyzkoušena pomocí softwarového balíku viz. kapitola 3.2.5.



Obr. 31 Zapojení modulu HTU21D

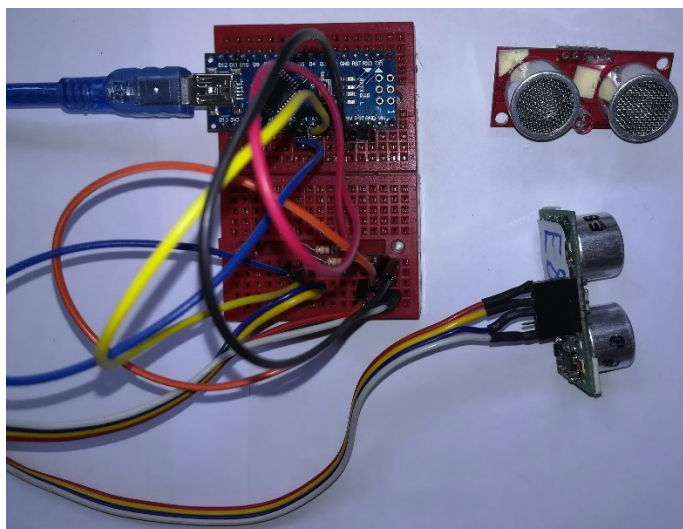
Kamera Basler ACA 1300 – 30uc (viz. Obr. 32) je připojena k hlavní řídicí jednotce pomocí rozhraní USB 3.0. Funkčnost spojení bylo ověřeno pomocí softwarového balíku viz. kapitola 3.2.2.

GPS LS20031 (viz. Obr. 32) je připojena pomocí sériového rozhraní. Modul je napájen 3,3 V linkou. Funkčnost spojení bylo ověřeno pomocí softwarového balíku viz. kapitola 3.2.7.



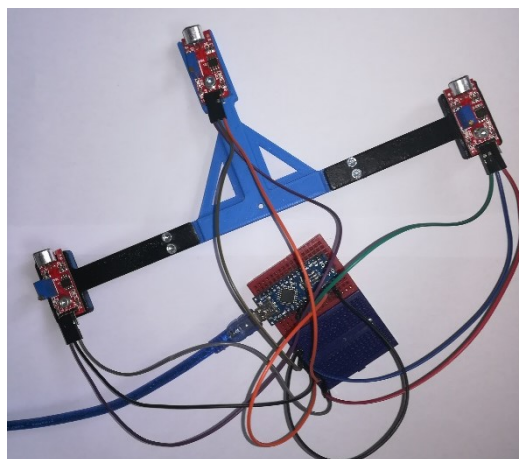
Obr. 32 Zapojení kamery a GPS modulu

Zapojení sonarů SRF08 (viz. Obr. 33) je realizováno přes sběrnici I²C. SDA a SCL kanály jsou přes rezistory s hodnotou odporu 1,8 k Ω připojeny k 5 V lince. Funkčnost byla vyzkoušena pomocí softwarového balíku viz. kapitola 3.2.8.



Obr. 33 Zapojení sonaru SRF08

Zapojení modulů KY 038 (viz. Obr. 34) je realizováno pomocí analogových pinů. Funkčnost modulů byla ověřena pomocí kódu snímání změny analogové hodnoty.



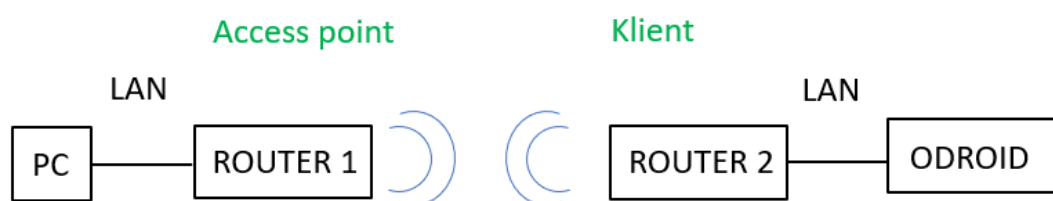
Obr. 34 Zapojení modulů KY 038

3.2 Software

Softwarové řešení pro novou verzi MR Viper je realizováno pomocí systému ROS a jeho balíčků. Samotné spuštění nainstalovaného ROSu je provedeno pomocí zadání příkazu *roscore* do terminálu.

3.2.1 Komunikace

Komunikace (viz. Obr. 35) mezi systémem a operátorem je zajištěna pomocí Wi-Fi. Operátor se systémem komunikuje pomocí routeru nastaveného jako access point (bridge). ROS na řídicí jednotce je pak nastaven v režimu slave a ROS na řídicím PC jako master. [25] [26]

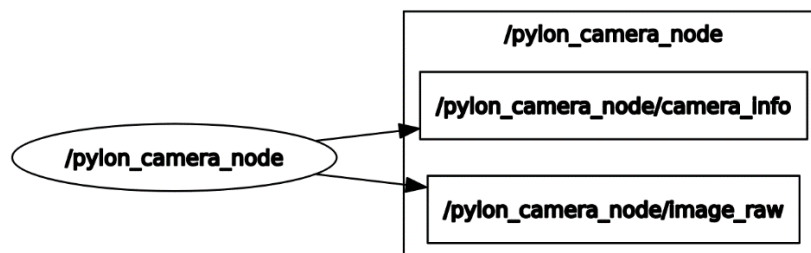


Obr. 35 Komunikace

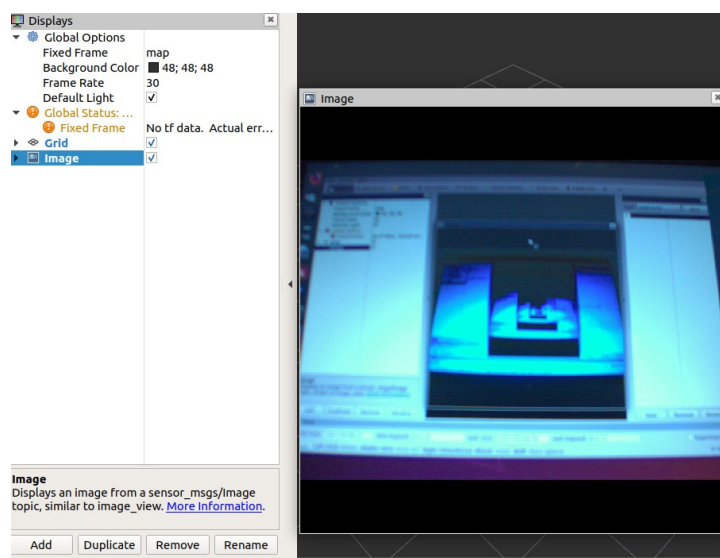
3.2.2 Streamování obrazu

Streamování obrazu z kamery je zajištěno pomocí předpřipraveného balíku *pylon_camera* (viz. Obr. 36). Před použitím tohoto balíku je potřeba nejprve nainstalovat software *pylon* 5.2.0. Balík umožňuje upravovat parametry kamery jako je počet snímků, mono nebo chromatické zobrazení, gammu a světlost. Balík je spuštěn pomocí příkazu

roslaunch pylon_camera pylon_camera_node.launch. Výstup kamery je pak publikován do 3D vizualizátoru Rviz (viz. Obr. 37). [27] [28]



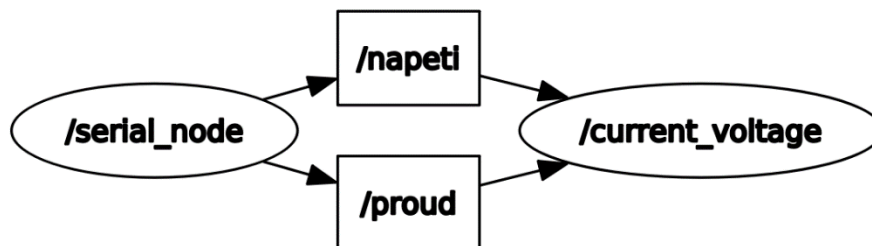
Obr. 36 Uzel pylon_camera



Obr. 37 Výstup z kamery ACA 1300 – 30uc v rozhraní Rviz

3.2.3 Měření aktuální spotřeby proudu a napětí na baterii

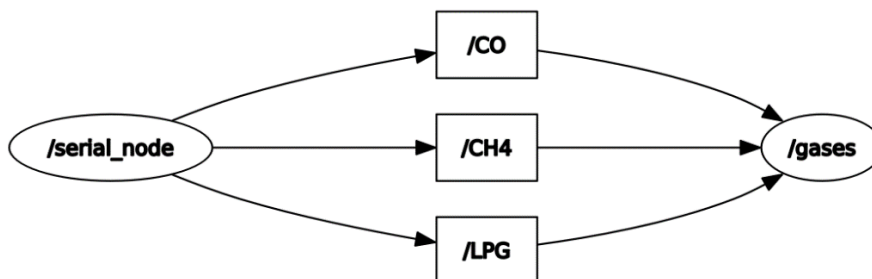
K odečtu aktuální spotřeby proudu a napětí na baterii je na Arduino vytvořen kód, který přepočítává hodnotu poníženého napětí z odporového děliče na napětí skutečné. Dále kód přepočítává hodnotu změny napětí na senzoru proudu na aktuální spotřebu proudu. Tyto hodnoty jsou pomocí balíku *rosserial_arduino* a uzlu *seriál_node* přenášeny do uzlu *current_voltage* (viz. Obr. 38). Následně jsou hodnoty vnitřní a vnější teploty vypisovány do terminálu. Uzel *seriál_node* je spuštěn pomocí příkazu *roslaunch rosserial_arduino seriál_node.py*. Uzel *temp* je pak spuštěn pomocí příkazu *roslaunch mrv nap.py*. [29]



Obr. 38 Uzel current_voltage

3.2.4 Měření koncentrace plynů

Pro čtení informací ze senzorů plynů je na Arduino připraven kód, který přepočítává hodnotu změny napětí na senzorech na danou koncentraci plynu. Tyto hodnoty jsou pomocí balíku `rosserial_arduino` a uzlu `seriál_node` přenášeny do uzlu `gases` (viz. Obr. 39). Následně jsou hodnoty vypisovány do terminálu (viz. Obr. 40). Uzel `seriál_node` je spuštěn pomocí příkazu `roslaunch rosserial_arduino seriál_node.py`. Uzel `gases` je pak spuštěn pomocí příkazu `roslaunch mrv gas.py`. [29]



Obr. 39 Uzel gases

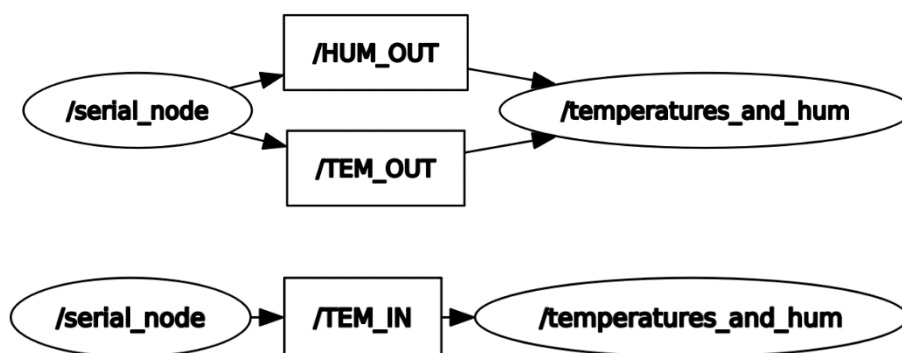
```
james@James: ~/catkin_ws/src/mrv/src
Soubor Upravit Zobrazit Hledat Terminál Karty Nápořěda
roscore http://James:113... x james@James: ~/catkin_... x james@James: ~/catkin_... x
james@James:~/catkin_ws/src/mrv/src$ roslaunch mrv gas.py
[INFO] [1557779795.346095]: LPG = 0.0
[INFO] [1557779795.347244]: CH4 = 0.0
[INFO] [1557779795.348567]: CO = 0.0
^Cjames@James:~/catkin_ws/src/mrv/src$
```

The screenshot shows a terminal window with the title `james@James: ~/catkin_ws/src/mrv/src`. The terminal output shows the command `roslaunch mrv gas.py` being executed, followed by three lines of log messages: `[INFO] [1557779795.346095]: LPG = 0.0`, `[INFO] [1557779795.347244]: CH4 = 0.0`, and `[INFO] [1557779795.348567]: CO = 0.0`. The terminal session ends with a Ctrl-C signal, indicated by `^C`.

Obr. 40 Terminál s výpisem hodnot ze senzorů

3.2.5 Měření teploty

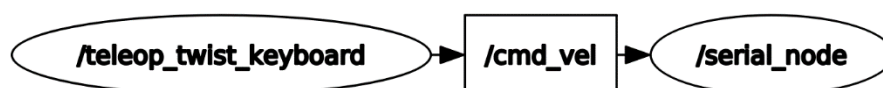
Pro čtení informací ze senzorů teploty je na Arduino připraven kód s knihovnou SparkFunHTU21D.h, který vypočítává hodnotu teploty ve stupních Celsia. Tyto hodnoty jsou pomocí balíku `roscserial_arduino` a uzlu `seriál_node` přenášeny do uzlu `temp` (viz. Obr. 41). Následně jsou hodnoty vnitřní a vnější teploty vypisovány do terminálu. Uzel `seriál_node` je spuštěn pomocí příkazu `roscrun roscserial_arduino seriál_node.py`. Uzel `temp` je pak spuštěn pomocí příkazu `roscrun mrv temp.py`. [29]



Obr. 41 Uzel `temperatures_and_hum`

3.2.6 Řízení

Pro řízení je na Arduino připraven kód, který čte příchozí řídicí data z uzlu `teleop_twist_keyboard` a přepočítává je na rychlost pro motor M1 a M2 (viz. **Chyba! Nalezen zdroj odkazů.**). Tato rychlost je pak pomocí motor driveru posílána na motory. Uzel `seriál_node` je spuštěn pomocí příkazu `roscrun roscserial_arduino seriál_node.py`. Uzel `teleop_twist_keyboard` je pak spuštěn pomocí příkazu `roscrun teleop_twist_keyboard teleop_twist_keyboard.py` v konzoli, ze které je podvozek ovládán (viz. Obr. 43). [29] [30]



Obr. 42 Uzel `serial teleop_twist`

```

james@James: ~
Soubor Upravit Zobrazit Hledat Terminál Karty Nápověda
roscore http://Ja... x james@James: ~ x james@James: ~ x james@James: ~ x
Reading from the keyboard and Publishing to Twist!
-----
Moving around:
  u    i    o
  j    k    l
  m    ,    .

For Holonomic mode (strafting), hold down the shift key:
-----
  U    I    O
  J    K    L
  M    <    >

t : up (+z)
b : down (-z)

anything else : stop

q/z : increase/decrease max speeds by 10%
w/x : increase/decrease only linear speed by 10%
e/c : increase/decrease only angular speed by 10%

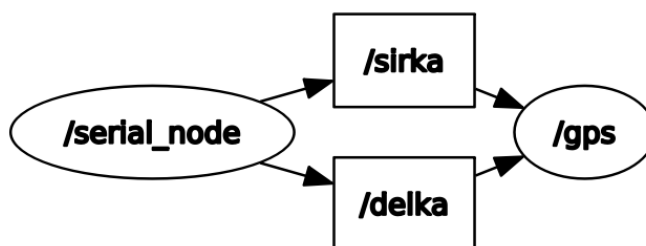
CTRL-C to quit

```

Obr. 43 Řídící konzole teleop_twist_keyboard

3.2.7 Čtení GPS souřadnic

Pro určení polohy GPS modul je na Arduino připraven kód s knihovnou TinyGPS [31]. Kód generuje GPS souřadnice zeměpisné šířky a délky ve stupních. Tyto souřadnice jsou pomocí balíku `rosserial_arduino` a uzlu `seriál_node` přenášeny do uzlu `gps` (viz. Obr. 44). Uzel `seriál_node` je spuštěn pomocí příkazu `roslaunch rosserial_arduino seriál_node.py`. Uzel `gps` je pak spuštěn pomocí příkazu `roslaunch mrv gps.py`. [29]

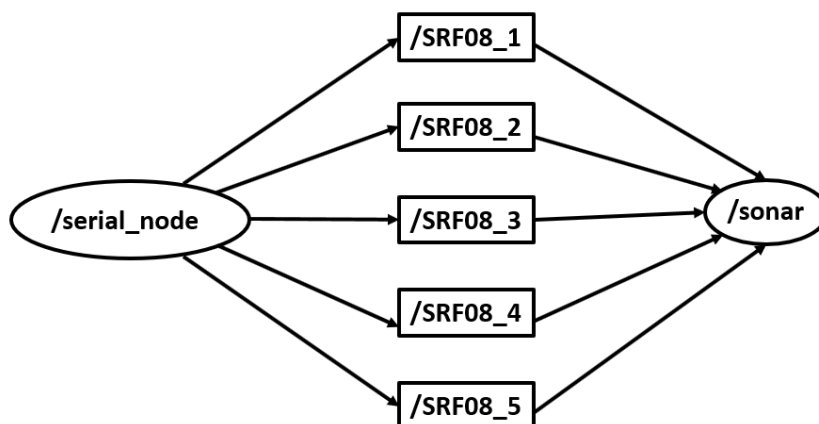


Obr. 44 Uzel gps

3.2.8 Čtení sonarů

Pro čtení informací ze sonarů je na Arduino připraven kód, který vypočítává vzdálenost sonaru od překážky. Vzdálenosti ze všech pěti sonarů jsou pomocí balíku `rosserial_arduino` a uzlu `seriál_node` přenášeny do uzlu `sonar` (viz. Obr. 45). Uzel `seriál_node`

node je spuštěn pomocí příkazu `roslaunch rosserial_arduino serial_node.py`. Uzel sonar je pak spuštěn pomocí příkazu `roslaunch mrv sonar.py`. [29]



Obr. 45 Uzel sonar

3.2.9 Možnost lokalizace akustického signálu

Pro lokalizaci zdroje akustického signálu je možno použít balík HARK. Balík umožňuje pomocí nástrojů spuštěných přes rozhraní v prohlížeči Chrome, popřípadě Mozilla, nastavovat parametry. Pomocí nástroje *harktool5_gui* (viz. Obr. 46) nastavit vlastní mikrofonií pole. V nástroji se nastavuje tvar pole, pozici zdroje zvuku. Pomocí těchto parametru je pak vytvořena tzv. přenosová funkce nutná pro funkci mikrofonního pole.

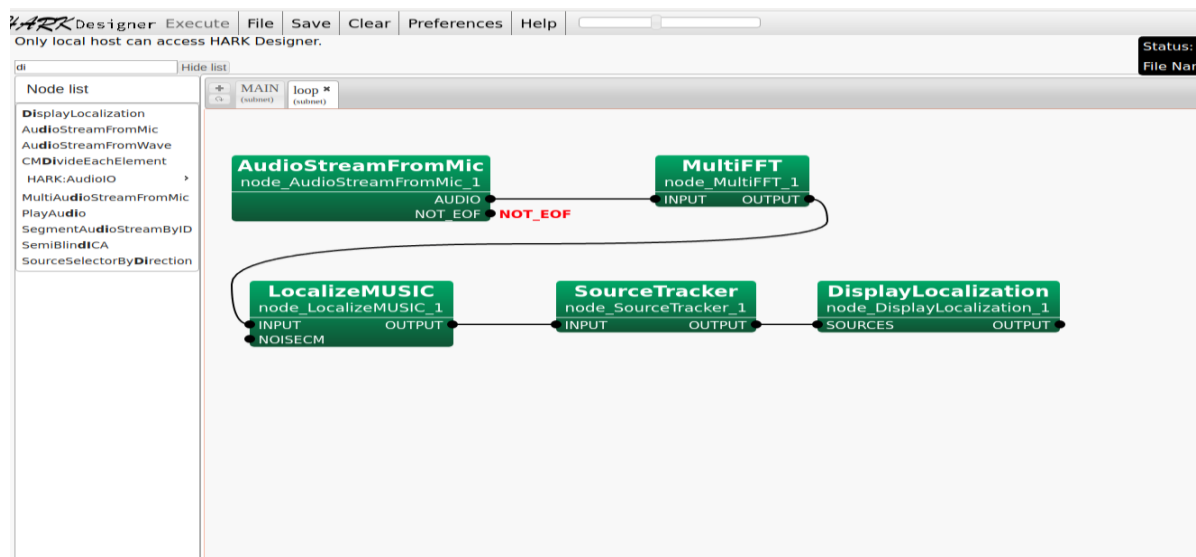
The interface consists of three main sections:

- Microphone array positions:** Includes buttons 'Create', 'Upload', 'Download', and 'Visualize'. The 'File Name' field contains 'mikrofony.xml' with a green checkmark.
- Sound source positions:** Includes buttons 'Create', 'Upload', 'Download', and 'Visualize'. The 'File Name' field contains 'zdroj.xml' with a green checkmark.
- Transfer function:** Includes buttons 'Create', 'Upload', 'Download', and 'Visualize'. The 'File Name' field contains 'pf.zip' with a green checkmark.

Arrows indicate a flow from the top two sections down to the 'Transfer function' section.

Obr. 46 Harktool5_gui

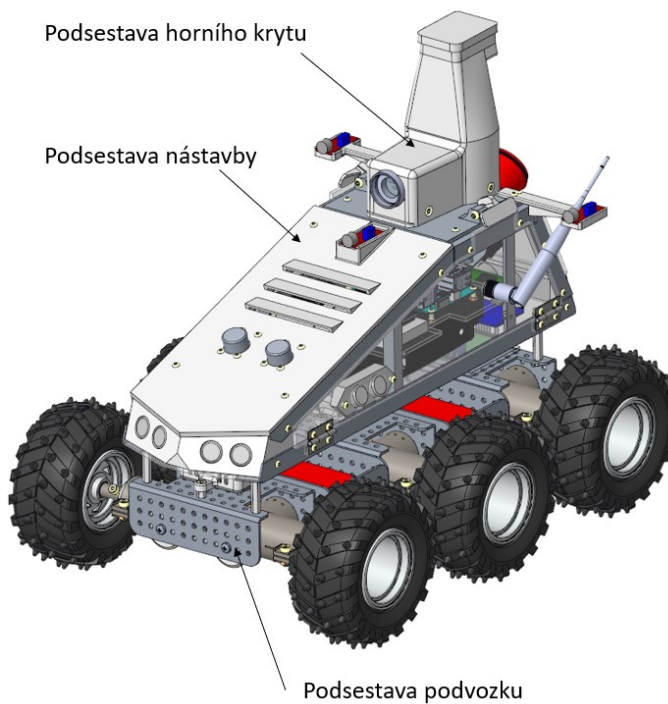
Následně je pomocí nástroje *hark_designer* možné vytvořit pomocí modulů vytvořit systém pro lokalizaci akustického signálu. [32]



Obr. 47 Hark_designer

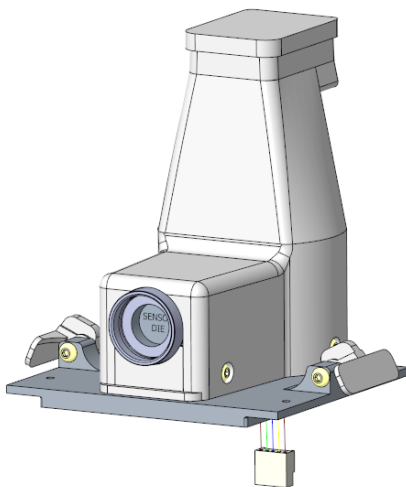
3.3 3D Model

Model MR Viper je rozdělen do tří podsestav. Jedná se o podsestavu podvozku, nástavby a horního krytu.



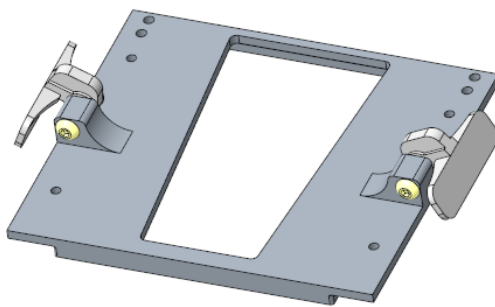
Obr. 48 Náhled nového modelu MR Viper

Podsestava horního krytu (viz. Obr. 49) se skládá ze základny, plošiny a vrchního krytu.



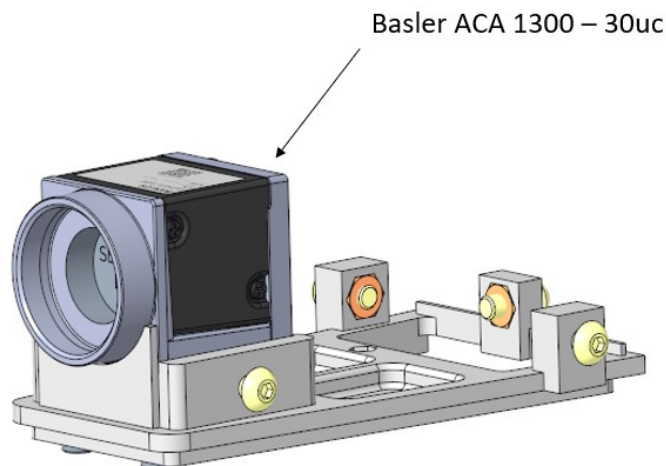
Obr. 49 Podsestava horního krytu

Pro uchycení základny (viz. Obr. 50) k nástavbě slouží čtyři díry o průměru 3 mm. Dále jsou v základně další čtyři díry o průměru 3 mm pro upevnění dodatečných ramen mikrofonního pole a otvor pro vlepení plošiny. Na základně se také nacházejí dva připojovací body s otvory o průměru 4 mm pro upevnění klapky sloužící k zajištění výklopných bočnic.



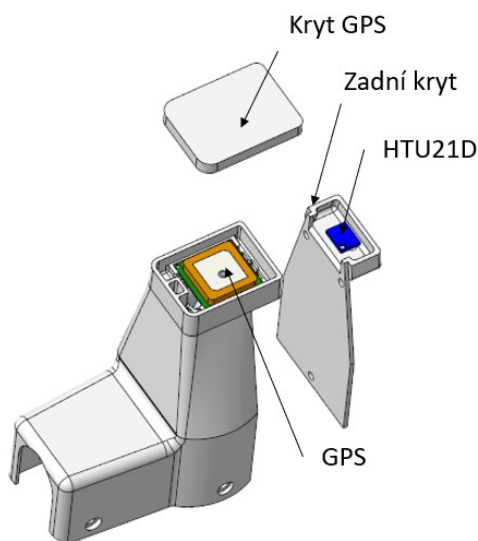
Obr. 50 Základna s klapkami

Plošina (viz. Obr. 51) je vlepená do základny a slouží pro uchycení vrchního krytu a kamery Basler ACA 1300 -30uc. Vrchní kryt se upevňuje do čtyř děr o průměru 4 mm. Kamera je k plošině upevněna pomocí tří šroubů M3 x 16.



Obr. 51 Plošina

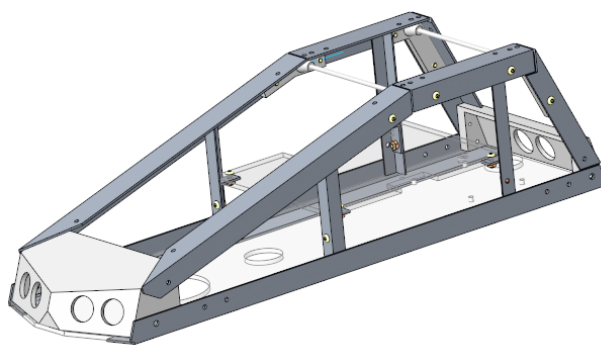
Vrchní kryt (viz. Obr. 52) se dále skládá ze samostatného krytu kamery, zadního krytu a krytu GPS. Ve vrchní části krytu je uložen modul GPS a senzor pro měření okolní teploty HTU21D robotu je umístěn v prostoru zadního krytu.



Obr. 52 Vrchní kryt

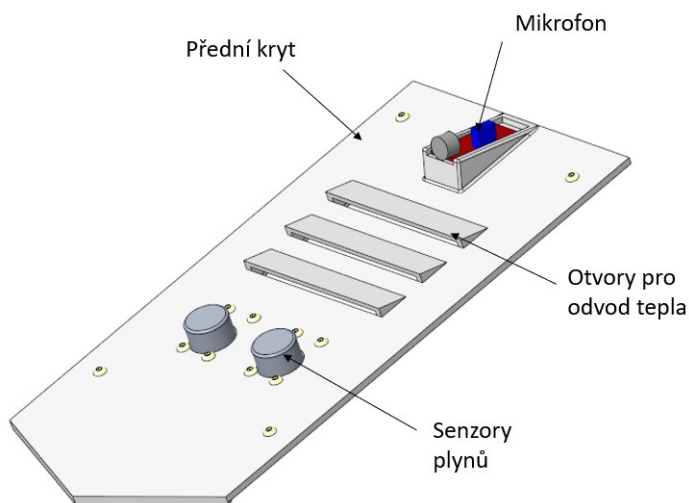
Základní tvar nástavby (viz. Obr. 53), umístění sonarů a sklopné bočnice zůstaly zachovány z předešlého návrhu robotu. Rám nástavby byl oproti původnímu stavu rozšířen o 5 mm na každou stranu z důvodu prostoru pro nový hardware. Rozšíření bylo realizováno tak, že byly nahrazeny všechny původní PVC L profily 15 x 15 mm za hliníkové L profily 15 x 20 mm. Tím byl vnitřní prostor rozšířen, ale připojovací rozměry

zůstaly zachovány. Hliníkové profily jsou použity z důvodu vyšší tuhosti oproti původním profilům z PVC. Dále byly ve střední části přidány 4 L profily 10 x 10 mm, které slouží jako rám pro tzv. patro. Patro rozšiřuje prostor pro uchycení nového hardware. Jako poslední byly upraveny držáky předních a zadních sonarů. Drážky byly rozšířeny pro nový rozměr nástavby.



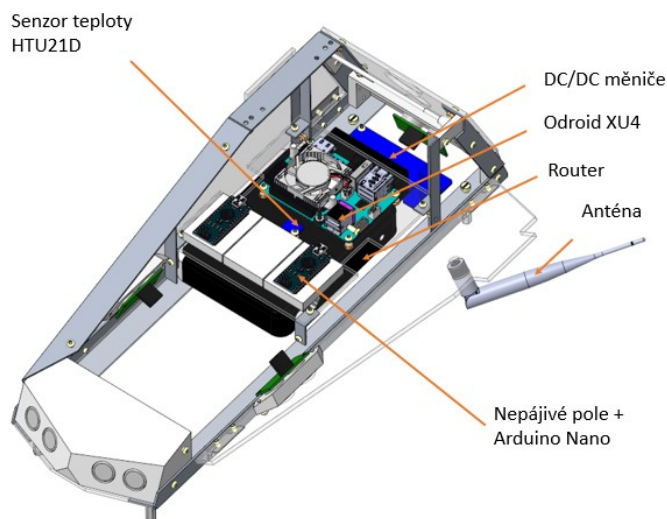
Obr. 53 Nový rám nástavby

Zadní plexisklový kryt nástavby byl rozšířen podle rámu nástavby. Oproti původnímu krytu jsou v novém jen dva otvory pro uchycení vypínače a emergenci stop tlačítka. Přední kryt (viz Obr. 54) také původně z plexiskla byl nahrazen 3D tištěným krytem. Na novém předním krytu jsou umístěny senzory nebezpečných plynů. V zadní části krytu je vytvořena plošina pro mikrofون tak, aby byl v rovině. Dále pak jsou v předním krytu vytvořeny otvory pro odvod tepla z nitra nástavby. Přední i zadní kryt je k nástavbě uchycen pomocí čtyř šroubů M3.



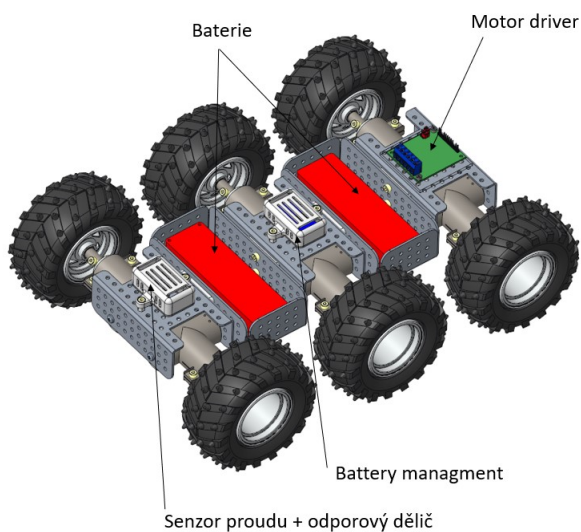
Obr. 54 Přední kryt

V podstavě nástavby je na spodní plexisklové desce router a dva DC/DC měniče. Na patře se pak nachází tři nepájivé pole se dvěma Arduino Nano deskami. Dále pak je na patře umístěna hlavní řídicí jednotka Odroid XU4 a senzor teploty HTU21D. V předních, zadních a bočních držácích jsou umístěny moduly sonaru SRF 08. V levé bočnici je umístěna anténa pro router (viz. Obr. 55).



Obr. 55 Rozmístění komponent v nástavbě

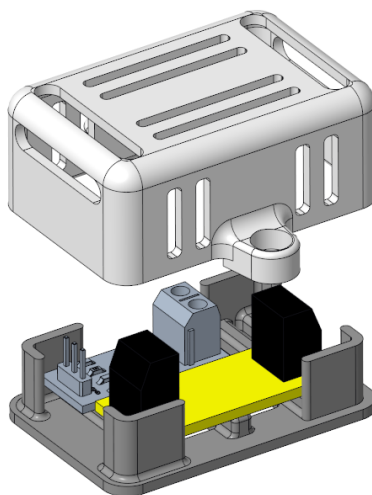
Podstava podvozku byla zachována z původní verze. Motor driver a battery management jsou umístěny na zadním a prostředním segmentu podvozku. Na přední segment podvozku byl umístěn držák pro uchycení odporového děliče a senzoru proudu. Baterie jsou umístěny v mezisegmentech podvozku (viz. Obr. 56).



Obr. 56 Rozmístění komponent na podvozku

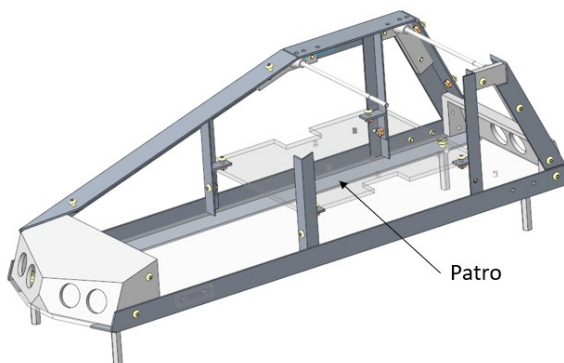
3.4 Mechanické úpravy

Podvozek byl zachován bez zásahu do jeho mechanické struktury a uložení pohonných jednotek s koly. Oproti původnímu stavu byl na přední hliníkový segment doplněn 3D tištěný držák (viz. Obr. 57) pro modul měření proudu a vytvořený odporový dělič pro měření aktuálního stavu napětí na baterii.



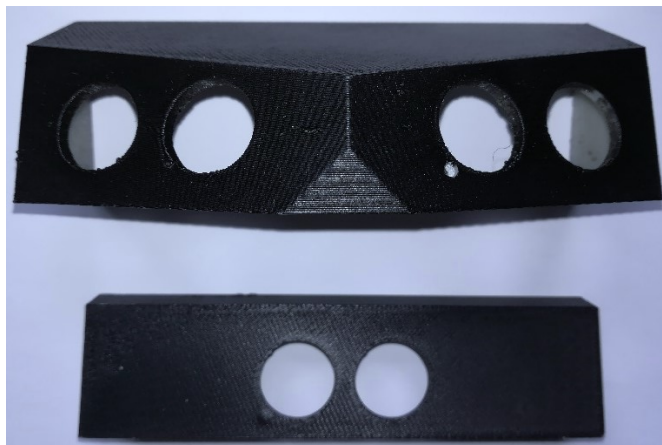
Obr. 57 Držák pro modul měření proudu a odporový dělič

Nástavba byla dle návrhu rozšířena o 10 mm pro uložení nového hardwaru. Rozšíření bylo provedeno pomocí náhrady spodních L profilů nástavby za nové hliníkové profily. Připojovací rozměry byly k podvozku zachovány. Zbylé profily nástavby byly taktéž nahrazeny profily z hliníku. Takto bylo dosaženo vyšší tuhosti nástavby oproti profilům z PVC. V nástavbě bylo vytvořeno patro. Patro slouží pro uložení nového hardwaru. Patro je uchyceno na hliníkových sloupcích v nástavbě (viz. Obr. 58).



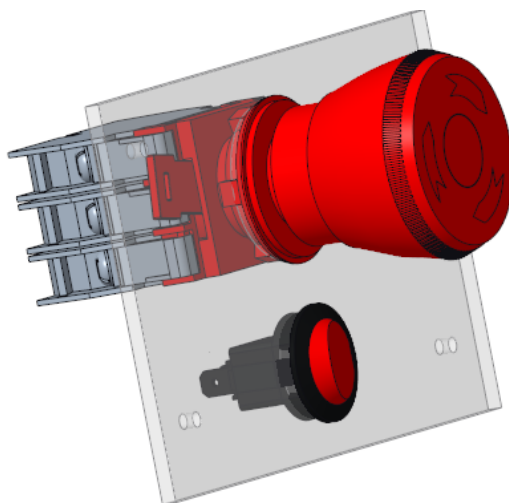
Obr. 58 Patro

Z důvodu rozšíření nástavby byly upraveny a znovu vytištěny 3D držáky předních a zadních sonarů (viz. Obr. 59). Tvar byl zachován, délka se zvětšila o 10 mm.



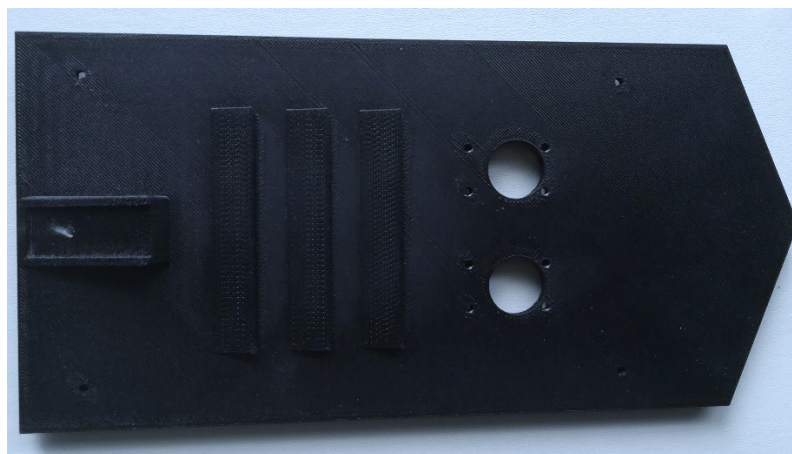
Obr. 59 Nové držáky sonarů

Ze stejného důvodu byl upraven i zadní kryt (viz. Obr. 60). Kryt byl rozšířen o 10 mm. Oproti původní verzi se v krytu nachází emergenci stop tlačítko a pouze jeden vypínač. Druhý nevyužívaný vypínač byl odstraněn.



Obr. 60 Zadní kryt

Byl navrhnut a vytištěn nový přední kryt nástavby (viz. Obr. 61). Kryt slouží pro uchycení senzorů plynů a jednoho mikrofonu mikrofonního pole.



Obr. 61 Přední kryt

Pro mikrofonní pole bylo navrženo a vytisknuto rameno. Rameno rozšiřuje vzdálenost mezi mikrofony a tím mění i minimální snímanou frekvenci.

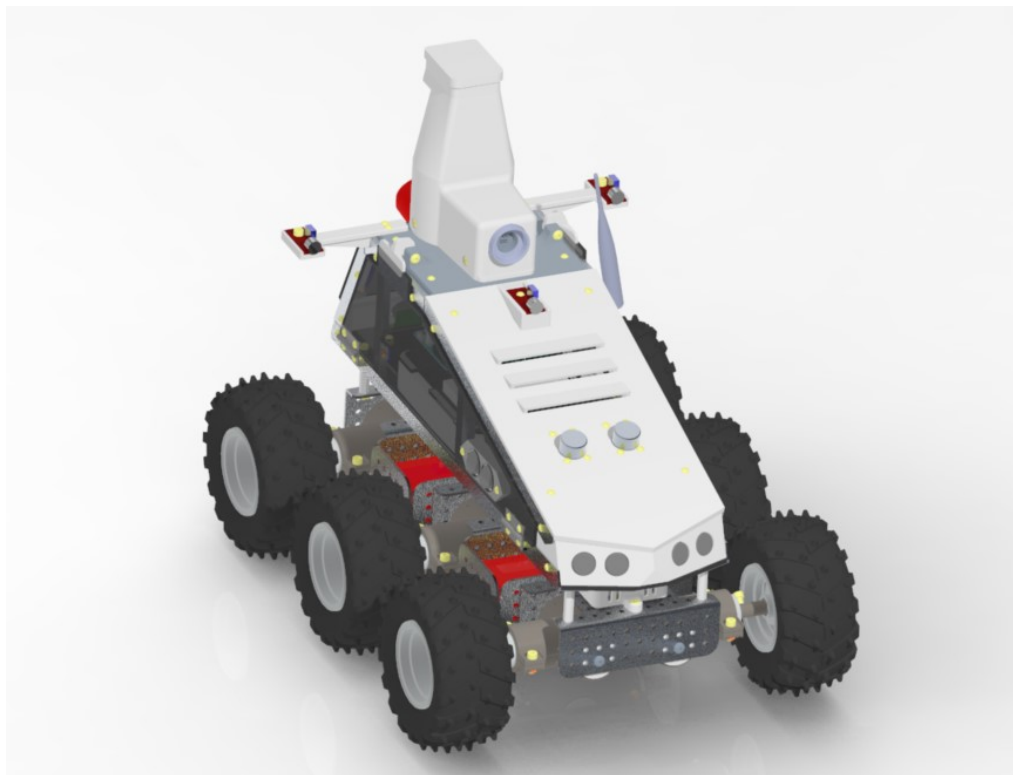


Obr. 62 Rameno

4 MR Viper

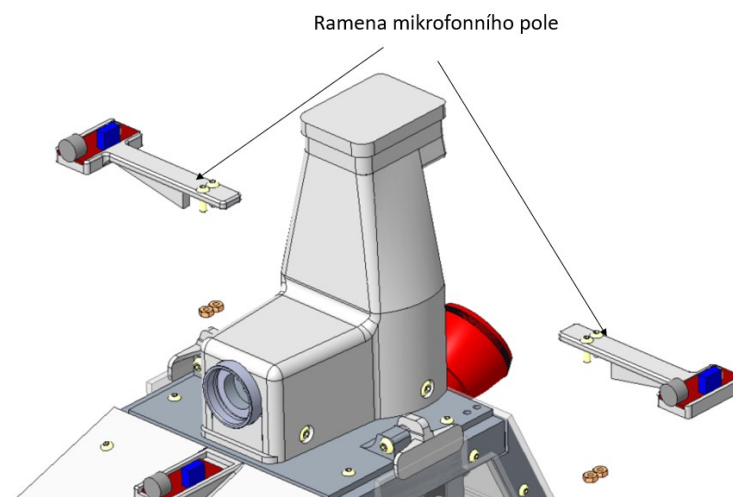
V kapitole je popsána nová verze mobilního robotu Viper a přehled jeho technických parametrů. Po srovnání dosažených parametrů s požadovanými, je dále uveden soupis námětů pro další rozvoj robotu.

4.1 Viper 2.0



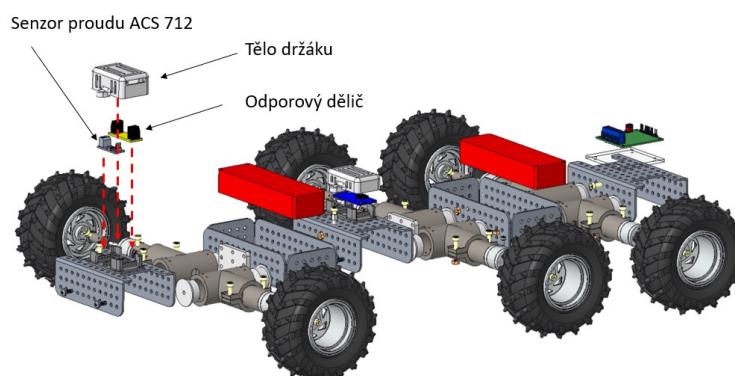
Obr. 63 Viper 2.0 - render

Nová verze robotu Viper 2.0 (viz. Obr. 63) je členěna jako v předchozí verzi do tří základních podsestav (viz. Obr. 48). Podsestava podvozku, nástavby a horního krytu. Navíc byla nástavba osazena dvěma rameny (viz. Obr. 64) mikrofonního pole (viz. kapitola 2.5, 3.1 a 3.3).



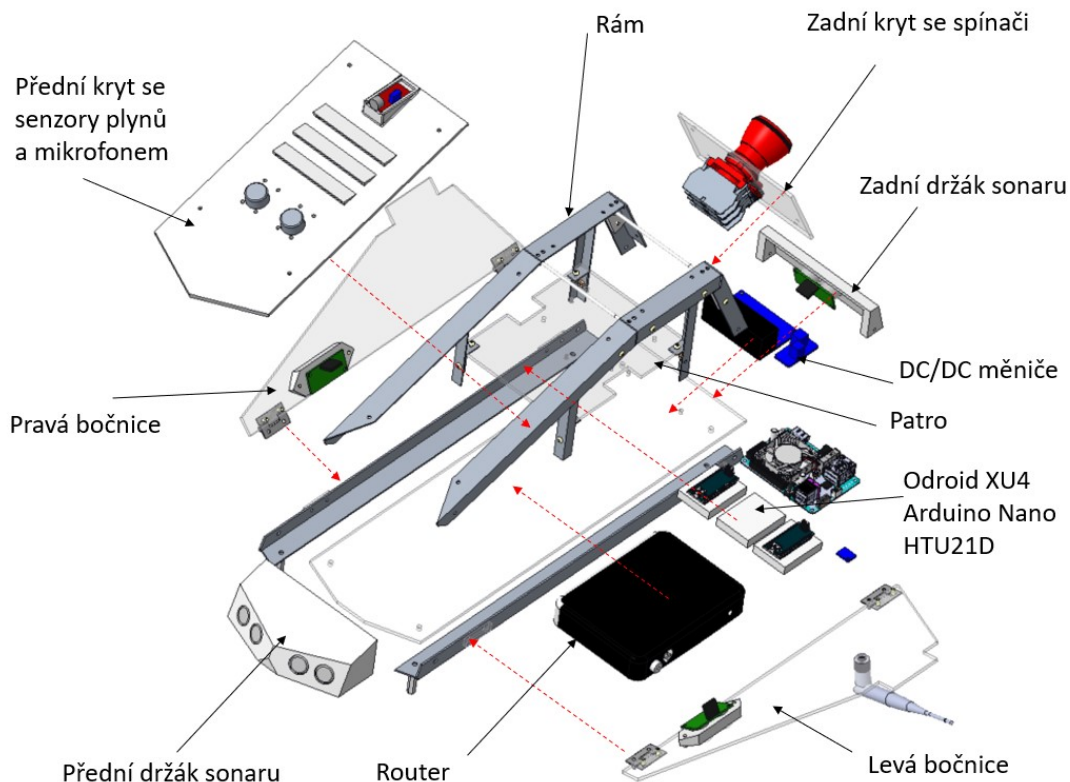
Obr. 64 Viper 2.0

Systém podvozku Dagu Wild Thumper 6WD (viz. kapitola 1.1) zůstal zachován bez výrazných mechanických změn (viz. kapitola 3.4). Na podvozek byl doplněn držák (viz. Obr. 65), ve které je umístěn senzor aktuální spotřeby proudu ACS712 a odporový dělič pro měření aktuálního napětí na baterii (viz. kapitola 2.1).



Obr. 65 Nový subsystém podvozku – rozpad

Systém nástavby (viz. Obr. 66) je zachován z hlediska jejího tvaru. V nástavbě došlo k nahrazení PVC profilů za profily hliníkové pro zvýšení tuhosti nástavby (viz. kapitola 3.4). Nástavba byla rozšířena o 10 mm z důvodu umístění nového hardwaru. Z důvodu umístění hardwaru je nový přední kryt vytvořen pomocí 3D tisku. V krytu jsou umístěny senzory plynů a jeden mikrofón mikrofonního pole. Dále je v nástavbě vytvořené patro, které slouží pro umístění nové řídicí jednotky. Hardware je v nástavbě umístěn viz. kapitola 3.3.



Obr. 66 Nový subsystém nástavby – rozpad

Sestava horního krytu (viz. kapitola 3.3) byla taktéž zachována. V krytu byl umístěn senzor měření teploty HTU21D pro měření okolní teploty (viz. Obr. 52)

Nový systém je zapojení a dle Příloha C: Schéma zapojení varianta A. Zapojení a oživení systému bylo provedeno dle kapitol 3.1 a 3.2.

Tab. 20 Porovnání parametrů původního a nového systému

Parametr	Viper	Viper 2.0
Celková hmotnost [kg]	7,4	8,2
Celkové rozměry [mm]	360 x 430 x 312	
Hmotnost nástavby [kg]	1,4	2,2
Rozměry nástavby [mm]	149 x 408 x 125	149 x 408 x 135
Materiál rámu nástavby	PVC	Hliník
Podvozek	Dagu Wild Thumper 6WD	
Řízení	Diferenciálně	
Řídicí jednotka	Netduino Plus 2	Odroid XU 4
Komunikace	XBee 868	Wi -Fi router
Měření spotřeby proudu	-	Modul ACS712
Rozsah měření spotřeby proudu [A]	-	do 30
Měření aktuálního napětí na baterii	-	Odporový dělič
Měření koncentrace plynů	-	LPG, CO, CH ₄
Měření teploty systému	-	HTU21D
Měření teploty okolí	-	
Rozsah měření teploty [°C]	-	-30 až + 90 °C ± 1 °C
Možnost akustické lokalizace	-	Mikrofonní pole
Kamera	-	Basler ACA 1300-30uc
Sonary	SRF-08	
Počet sonarů	5	
Software	C#	ROS balíky

4.2 Náměty pro další rozvoj

Ze zjištěných a sdělených skutečností, získaných ze zkušeností, je vhodné nahradit senzorický systém pro měření plynů robustnější variantou. Při zapojení do celkového systému vlivem okolního rušení dochází ke vzniku tzv. falešného poplachu. Tato vlastnost je částečně eliminována použitím dvou senzorů, přesto může tato situace nastat.

Pro mikrofonní pole je použitý senzor akustického tlaku nevhodný z důvodu malého výkonu. Senzor, ačkoliv to prodejce uvádí, není vybaven ampliférem. Tím není hodnota dostatečná, aby mohla být dále zpracována. Pro akustickou lokalizaci je proto lepší využít modul, který amplifér obsahuje. Bylo by vhodné zvýšit počet mikrofónů z minimálního počtu 3. Tento parametr je však omezen velikostí podvozku a jeho nástavby.

Pro mikrofonní pole využít jinou možnost připojení k desce Odroid. Pro další práci se signálem z mikrofónů a použití HARK není Arduino vhodné. Pro nasazení je lepší využít jednu z podporovaných zvukových karet.

V další práci v ROS rozhraní RViz vytvořit grafické rozhraní pro lepší uživatelskou kontrolu vnitřních a vnějších vlastností systému.

Závěr

Cílem práce bylo provést rozšíření senzorického subsystému robotu. Dle zadání byl zadokumentován aktuální stav robotu. Byly sepsány jeho parametry a vlastnosti. Dále byl aktualizován 3D model robotu a vytvořeno schéma zapojení hardwarových komponent. Na základě zadokumentování aktuálního stavu byly specifikovány nové požadavky na systém.

Byly navrženy tři varianty nového hardwaru pro plnění stanovených požadavků. V rámci návrhu variant došlo ke specifikaci parametrů jednotlivých komponent. Pro každou variantu bylo vytvořené schéma zapojení jednotlivých komponent do celkového systému robotu.

Pro realizaci systému byla vybrána varianta A. Varianta je založena na desce Odroid z důvodu připojení požadované kamery. Deska pracuje na operačním systému Ubuntu a ROS. Hlavní řídicí jednotka je doplněna o dvě jednotky Arduino Nano, které zprostředkovávají spojení s ostatním hardwarem. Pro měření koncentrace nebezpečných plynů jsou využity dva senzory MQ5 a MQ7. Zdvojení senzorů je použito z důvodu různých citlivostních křivek. Senzory měří koncentraci plynů LPG, CO a CH₄. Tím je zajištěno přesné určení typu plynů. Pro měření vnitřní teploty robotu je použit senzor HTU21D. Stejný senzor je použit pro měření teploty okolí. Pro měření akustického tlaku a možnost detekce jeho zdroje je použito mikrofonní pole. Pole je rovinné se třemi mikrofonními moduly KY – 038. Měření aktuální spotřeby proudu zajišťuje modul ASC712. Aktuální napětí na baterii je pak měřeno pomocí vytvořeného odporového děliče. Pro vybraný hardware byly vytvořeny softwarové balíky s uzly. Použité uzly jsou předpřipravené v ROSu a doplněné o další modifikované uzly. Sestavené HW řešení bylo odzkoušeno mimo systém robotu. Tímto byla ověřena funkčnost hardwaru. Po ověření funkčnosti byly v modelu provedeny nutné mechanické změny a vytvořeny nové díly pro uložení hardwaru. Navrhnuté díly byly vytištěny pomocí 3D tisku. Upravené a vytištěné díly byly sestaveny. Následně došlo k oživení systému jako celku. V závěru byly specifikovány změny na další vývoj mobilního robotu Viper.

Seznam použité literatury

- [1] MLOTEK, Jakub. *Revize a doplnění dokumentace k MR Viper* [online]. Ostrava, 2017 [cit. 2019-05-20]. Dostupné z: https://dspace.vsb.cz/bitstream/handle/10084/117248/MLO0006_FS_B2341_2301R013_2017.pdf?sequence=1&isAllowed=n. Bakalářská práce. VŠB-TU Ostrava, Fakulta strojní.
- [2] *ROS.org* [online]. 2018 [cit. 2019-05-19]. Dostupné z: <http://wiki.ros.org/Documentation>
- [3] JANEČKA, Patrik. *Lokalizace zdrojů akustických signálů* [online]. Ostrava, 2016 [cit. 2019-05-19]. Dostupné z: <http://dspace.vsb.cz/handle/10084/112242>. Disertační práce. VŠB – Technická univerzita Ostrava.
- [4] ODROID-XU4. *RPiShop.cz* [online]. České Budějovice [cit. 2019-03-26]. Dostupné z: <http://rpishop.cz/odroid/1335-odroid-xu4.html>
- [5] Arduino NANO. *HW Kitchen* [online]. [cit. 2019-03-26]. Dostupné z: <https://www.hwkitchen.cz/arduino-nano/>
- [6] Arduino Nano. In: *Components101* [online]. [cit. 2019-03-26]. Dostupné z: <https://components101.com/microcontrollers/arduino-nano>
- [7] 150Mbps Wireless N Router WF2411D. *Netis* [online]. [cit. 2019-03-26]. Dostupné z: <http://www.netis.cz/2411d.html>
- [8] Step up modul napájení MT3608 2A DC-DC. *ARDUINO-SHOP.CZ* [online]. [cit. 2019-03-26]. Dostupné z: https://arduino-shop.cz/arduino/1696-step-up-modul-napajeni-mt3608-2a-dc-dc-pro-arduino.html?gclid=EA1aIQobChMizLSLu4qg4QIVyeF3Ch0FJwY_EAQYASABEGKZw_D_BwE
- [9] Senzor plynů MQ5 MQ-5 pro Arduino. *ARDUINO-SHOP.CZ* [online]. [cit. 2019-03-26]. Dostupné z: <https://arduino-shop.cz/arduino/4870-senzor-plynu-mq5-mq-5-pro-arduino.html>
- [10] MQ-5 GAS SENSOR [online]. , 2 [cit. 2019-03-26]. Dostupné z: <https://www.parallax.com/sites/default/files/downloads/605-00009-MQ-5-Datasheet.pdf>
- [11] MQ-7 GAS SENSOR [online]. , 3 [cit. 2019-03-26]. Dostupné z: <https://drive.google.com/file/d/1A-cwYfNDxOICbPZ9AgHJU19qCnhVEn7J/view>
- [12] Arduino Senzor oxidu uhelnatého MQ-7. *LASKARDUINO.CZ* [online]. Rychnov nad Kněžnou [cit. 2019-03-27]. Dostupné z: <https://laskarduino.cz/vstupni-periferie-cidla/230332-arduino-senzor-oxidu-uhelnateho-mq-7.html>

-
- [13] *Digitální senzor teploty a vlhkosti HTU21D* [online]. 2017, , 3 [cit. 2019-03-26]. Dostupné z: <https://arduino-shop.cz/docs/produkty/0/369/1484094054.pdf>
- [14] IIC I2C Senzor Teploty a Vlhkosti HTU21D. *ARDUINO_SHOP.CZ* [online]. [cit. 2019-03-27]. Dostupné z: <https://arduino-shop.cz/arduino/1487-htu21d-i2c-senzor-teploty-a-vlhkosti.html>
- [15] Arduino proudový senzor 20A modul ACS712. *ARDUINO_SHOP.CZ* [online]. [cit. 2019-03-27]. Dostupné z: <https://arduino-shop.cz/arduino/1222-arduino-proudovy-senzor-20a-modul-ac712.html>
- [16] Schéma děliče napětí. In: *Wikipedie* [online]. 2018 [cit. 2019-03-27]. Dostupné z: https://cs.wikipedia.org/wiki/Dělič_napětí#/media/File:Einfacher-unbelasteter-Spannungsteiler.svg
- [17] *Eses modul mikrofonu pro jednodeskové počítače* [online]. 2017, , 2 [cit. 2019-03-26]. Dostupné z: <https://arduino-shop.cz/docs/produkty/0/753/eses1467272055.pdf>
- [18] ADA-10 USB - MINI audio. *AXAGON* [online]. [cit. 2019-03-27]. Dostupné z: <https://www.axagon.eu/produkty/ada-10>
- [19] *LS50W-8F-R8* [online]. , 4 [cit. 2019-03-26]. Dostupné z: <https://www.gme.cz/data/attachments/dsh.642-223.1.pdf>
- [20] AcA1300-30uc - Basler ace. *Basler AG* [online]. [cit. 2019-03-27]. Dostupné z: <https://www.baslerweb.com/en/products/cameras/area-scan-cameras/ace/aca1300-30uc/>
- [21] Arduino Mega 2560 Rev3. *Arduino* [online]. [cit. 2019-03-27]. Dostupné z: <https://store.arduino.cc/mega-2560-r3>
- [22] Raspberry Pi 3 Model B 64-bit 1GB RAM. *RPiShop.cz* [online]. [cit. 2019-03-27]. Dostupné z: <http://rpishop.cz/raspberry-pi-3b/283-raspberry-pi-3-model-b-64-bit.html>
- [23] 1080p Full-HD WebCam. *A4TECH* [online]. [cit. 2019-03-26]. Dostupné z: <http://a4tech.com/product.aspx?id=36>
- [24] STÝSKALA, Vítězslav. *1. ODPOROVÉ DĚLIČE* [online]. Ostrava, 2001 [cit. 2019-05-14]. Dostupné z: feil.vsb.cz/kat420/vyuka/Bakalarske_FS/prednasky/sylab_prechdej%20delic%20slovník_bc%20FSb.pdf
- [25] ROSNetworkSetup. *ROS* [online]. 2018 [cit. 2019-05-15]. Dostupné z: <http://wiki.ros.org/ROS/NetworkSetup>
- [26] ROSTutorialsMultipleMachines. *ROS* [online]. 2018 [cit. 2019-05-15]. Dostupné z: <http://wiki.ros.org/ROS/Tutorials/MultipleMachines>
- [27] Pylon_camera. *ROS* [online]. 2018 [cit. 2019-05-14]. Dostupné z: http://wiki.ros.org/pylon_camera
-

-
- [28] Downloads Software. *Basler* [online]. [cit. 2019-05-14]. Dostupné z: <https://www.baslerweb.com/en/sales-support/downloads/software-downloads/>
- [29] Rosserial_arduino. *ROS* [online]. 2018 [cit. 2019-05-14]. Dostupné z: http://wiki.ros.org/roscpp/serial_arduino
- [30] Teleop_twist_keyboard. *ROS* [online]. 2015 [cit. 2019-05-14]. Dostupné z: http://wiki.ros.org/teleop_twist_keyboard
- [31] HART, Mikal. TinyGPS. *Arduiniana* [online]. [cit. 2019-05-18]. Dostupné z: <http://arduiniana.org/libraries/tinygps/>
- [32] Hark document. *HARK* [online]. 2018 [cit. 2019-05-19]. Dostupné z: <https://www.hark.jp/document/document-en/>

Přílohy

CD

Příloha A:	Model výchozího stavu MR Viper	
Příloha B:	Schéma zapojení původního stavu MR Viper	
Příloha C:	Schéma zapojení varianta A	
Příloha D:	Schéma zapojení varianta B	
Příloha E:	Schéma zapojení varianta C	
Příloha F:	Model aktuálního stavu MR Viper	
Příloha G:	Zpráva Diplomové práce	Mlotek_Jakub_text_DP.pdf/docx

Dokumentace:

Příloha H:	Schéma zapojení původního stavu MR Viper
Příloha I:	Schéma zapojení varianta A
Příloha J:	Schéma zapojení varianta B
Příloha K:	Schéma zapojení varianta C